



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
Αριθμ. Πρωτοκ. 415  
Ημερομηνία 27-2-13

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΛΟΓΙΑΣ**

*Πτυχιακή Διατριβή:*

**«Μελέτη της συμπεριφοράς ορισμένων εδαφικών συστατικών στην πρόσληψη αμμωνιακών και νιτρικών ιόντων από τις καλλιέργειες σιταριού και βλίτου»**



**Φοιτητής: ΜΗΤΣΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**Επιβλέπων: Δημήτρου Ανθούλα**

*Βόλος, 2013*



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 11635/1

Ημερ. Εισ.: 16/05/2013

Δωρεά: Συγγραφέα

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΦΠΑΠ

2013

ΜΗΤ

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά :

- Την επιβλέπουσα Καθηγήτριά μου κ. Ανθούλα Δημήρκου, Καθηγήτρια του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος Π.Θ. και διευθύντρια του Εργαστηρίου Εδαφολογίας που μου έδωσε τη δυνατότητα να εκπονήσω την πτυχιακή μου εργασία στον επιστημονικό τομέα που επιθυμούσα. Επίσης, θα ήθελα να την ευχαριστήσω για τη καθοδήγηση και τη βοήθεια της οποιαδήποτε στιγμή τη χρειαζόμουν καθώς και για την αμέριστη συμπαράσταση κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.
- Τον κ. Βασίλειο Αντωνιάδη, Λέκτορα Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και τον Καθηγητή Γενετικής και Βελτίωσης φυτών Ιμπραχίμ – Αβραάμ Χα, για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή, το χρόνο που αφιέρωσαν στην διόρθωση της παρούσας πτυχιακής και την βοήθεια που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.
- Την Αικατερίνη Μόλλα, Υποψήφια Διδάκτορα του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, για τη βοήθεια και τη συμπαράστασή της τόσο κατά την εκτέλεση του πειραματικού μέρους όσο και κατά τη συγγραφή της.
- Σε όλους τους φίλους μου που μου συμπαραστάθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας
- Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω από καρδιάς την οικογένεια μου, τους γονείς μου για την αγάπη τους και τη συνεχή ηθική και οικονομική συμπαράσταση τους όχι μόνο κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## – ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ –

Περίληψη	5
Εισαγωγή – σκοπός	6
<b>Κεφάλαιο 1. ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ</b>	8
1.1 Βασικές αρχές προσροφητικών φαινομένων	8
1.2 Ζεόλιθος	9
1.3 Μπετονίτης	14
1.4 Γκαιτίτης	19
Βιβλιογραφία	22
<b>Κεφάλαιο 2. Νιτρικά – Αμμωνιακά</b>	26
2.1 Ο κύκλος του αζώτου	26
2.2 Νιτρικά	28
2.3 Έκπλυση νιτρικών - Απώλειες εδαφικού αζώτου	29
2.4 Αζωτούχα Λιπάσματα	30
2.5 Σημεία συσσώρευσης νιτρικών στα φυτά	31
2.6 Νιτρικά και ανθρώπινος οργανισμός	33
2.7 Αμμωνιακά	37
2.8 Διαφορές νιτρικών – αμμωνιακών	38
Βιβλιογραφία	39
<b>Κεφάλαιο 3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b>	41
3.1 Βλίτο τραχύ ( <i>Amaranthus retroflexus</i> L.)	41
3.2 Σιτάρι ( <i>Triticum aestivum</i> )	42
3.2.1 Εισαγωγή	42
3.2.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά	43
3.2.3 Οικολογικές απαιτήσεις – κλίμα	44
3.2.4 Εδαφικές απαιτήσεις	45
3.2.5 Λίπανση	45
Βιβλιογραφία	47
<b>Κεφάλαιο 4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	48
4.1 Έδαφος	48
4.2 Υλικά προσρόφησης (Βελτιωτικά)	48

4.2.1	Ζεόλιθος - Μετονίτης	48
4.2.2	Γκαιτίτης	49
<b>4.3</b>	<b>Πειράματα θερμοκηπίου</b>	51
4.3.1	Περιοχή μελέτης	51
4.3.2	Πείραμα	51
4.3.3	Θερμοκήπιο	52
<b>4.4</b>	<b>Εργαστηριακές αναλύσεις</b>	53
<b>4.5</b>	<b>Παρουσίαση δεδομένων</b>	55
	<b>Βιβλιογραφία</b>	56
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	57
<b>5.1</b>	<b>Αποτελέσματα και συζήτηση του πειράματος στο θερμοκήπιο</b>	57
5.1.1	Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και των βελτιωτικών στα αγρονομικά χαρακτηριστικά του σιταριού , της περιεκτικότητας του νιτρικού και αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος καθώς και του νιτρικού αζώτου στο φυτό.	57
5.1.2	Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και των βελτιωτικών στα αγρονομικά χαρακτηριστικά του βλίτου, της περιεκτικότητας του νιτρικού και αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος καθώς και του νιτρικού αζώτου στο φυτό	66
	<b>Βιβλιογραφία</b>	75
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	76
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ</b>	78
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι</b>	78
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ</b>	83

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η προσρόφηση των νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων, από υλικά φιλικά προς το περιβάλλον με σκοπό την χρησιμοποίηση των υλικών αυτών στην αποκατάσταση ρυπασμένων υδάτων, αποβλήτων και εδαφών.

Τα βελτιωτικά που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή των πειραμάτων είναι ο ζεόλιθος, ο μπετονίτης και μίγματα αυτών, ο γκαιτίτης και τα συστήματα ζεόλιθου – γκαιτίτη κόκκινου (Z-GR) και ζεόλιθου – γκαιτίτη κίτρινου (Z-GY).

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε την περίοδο Μάιο - Ιούνιο 2010 στο θερμοκήπιο της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Χρησιμοποιήθηκε έδαφος το οποίο συλλέχθηκε από το Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που βρίσκεται στο Βελεστίνο. Μελετήθηκε η αποτελεσματικότητα των βελτιωτικών στην κατακράτηση νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων από τις καλλιέργειες του σιταριού και του βλίτου. Για τα νιτρικά – αμμωνιακά πραγματοποιήθηκαν 8 μεταχειρίσεις για κάθε φυτό (8X2), από τις οποίες οι έξι περιείχαν βελτιωτικό. Κάθε μεταχείριση είχε 3 επαναλήψεις.

Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του πειράματος στο θερμοκήπιο κυμαινόταν μεταξύ 25 – 35 °C. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων των πειραμάτων έγινε με την χρήση του στατιστικού πακέτου Statgraphics Plus 8.1 σύμφωνα με το LSD test για επίπεδο σημαντικότητας 95% ( $p < 0.05$ ).

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ

Η διαχείριση των φυσικών πόρων αποτελεί σήμερα μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις για το σύγχρονο άνθρωπο. Η ρύπανση του περιβάλλοντος και συγκεκριμένα η ρύπανση των εδαφών από οργανικούς και ανόργανους ρύπους εγκυμονεί εκατοντάδες κινδύνους, καθώς επηρεάζει αρνητικά το οικοσύστημα και τη δημόσια υγεία.

Η μη ορθολογική χρήση των λιπασμάτων στα εδάφη, η εντατικοποίηση των γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, η διάθεση γεωργικών, κτηνοτροφικών, αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, επιβαρυνμένων με ρυπογόνες ουσίες στο έδαφος, πιθανόν να έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση φυτοτοξικότητας στα καλλιεργούμενα είδη και τη μεταφορά ορισμένων ανεπιθύμητων ουσιών στα εδάφη, τα νερά των στραγγιστικών τάφρων, τους υπόγειους υδροφορείς και τους υδάτινους αποδέκτες.

Τα τελευταία 30 χρόνια η έρευνα για τα νιτρικά έχει στραφεί στην προσπάθεια να βρεθούν οι δυσμενείς επιπτώσεις, που μπορεί να προκύπτουν για την υγεία του ανθρώπου αλλά και των ζώων, από την κατανάλωση φυτών τα οποία περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, να καθοριστούν οι παράγοντες που συμβάλουν στην συσσώρευση των νιτρικών στα φυτά και να καθοριστούν ανώτερα επίπεδα ασφάλειας προκειμένου για φυτά που καταναλώνονται σε μεγάλες ποσότητες κυρίως από τον άνθρωπο αλλά και από τα ζώα. Επίσης γίνονται προσπάθειες σε όλα τα αναπτυγμένα κράτη, για την παρακολούθηση των επιπέδων συσσώρευσης νιτρικών κυρίως στα φυλλώδη λαχανικά (σπανάκι, μαρούλι, σέλινο, αντίδι, μαϊντανός), την καθιέρωση των λεγόμενων ανωτάτων τιμών ανοχής για κάθε ένα λαχανικό, καθώς και την υιοθέτηση, κοινά αποδεκτών επίσημων μεθόδων προσδιορισμού της συγκέντρωσης των νιτρικών στους φυτικούς ιστούς αλλά και στο νερό το οποίο και αυτό αντιμετωπίζει σοβαρότατα προβλήματα ρύπανσης από νιτρικά.

Για το λόγο αυτό επιβάλλεται η εφαρμογή μεθόδων για την μείωση της ρύπανσης των εδαφών από οργανικούς και ανόργανους ρύπους, στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό. Μια μέθοδος απορρύπανσης των εδαφών, φιλική προς το περιβάλλον και σχετικά χαμηλού κόστους, είναι η χρήση φυσικών προσροφητικών υλικών, όπως ο ζεόλιθος, ο μπετονίτης, ο γκαιτίτης και συστήματα αυτών.

Ο σκοπός της εργασίας ήταν :

Η μελέτη της προσρόφησης νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων, από φυσικά υλικά καθώς και η επίδραση αυτών στην καλλιέργεια του σιταριού και του βλίκου.

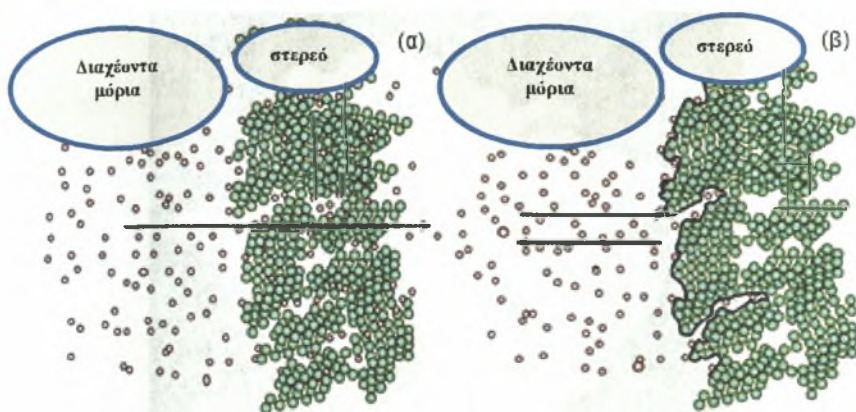


# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ

### 1.1 Βασικές αρχές προσροφητικών φαινομένων

Ο όρος ρόφηση (sorption) περιλαμβάνει κάθε είδος συγκράτησης ουσιών από την εξωτερική επιφάνεια στερεών, υγρών ή μεσομόρφων και από την εσωτερική επιφάνεια στερεών με πόρους ή υγρών. Στο διαφασικό σύστημα ρευστών-στερεών η διαχωριστική επιφάνεια αποτελεί ιδιαίτερη φάση και όχι μια οριακή γεωμετρική επιφάνεια, όπου οι φυσικές και θερμοδυναμικές ιδιότητες της κάθε φάσης μεταβάλλονται συνεχώς μεταξύ των δύο ομοιογενών φάσεων. Ως “προσρόφηση” ορίζεται η διαφοροποίηση της συγκέντρωσης του ρευστού στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο φάσεων σε σχέση με την τιμή της στο υπόλοιπο αέριο ή υγρό όγκο του συστήματος. Η χημική ουσία που συγκεντρώνεται στη διεπιφάνεια καλείται προσροφούμενο υλικό, ενώ η επιφάνεια πάνω στην οποία λαμβάνει χώρα συσσώρευση καλείται προσροφητής. Η προσρόφηση σε στερεά προσροφητικά υλικά έχει εφαρμογή ως μέθοδος διαχωρισμού σε παραγωγικές διαδικασίες με τεχνοοικονομική και περιβαλλοντική σημασία (Γαλιατσάτου, 1994; Μέλλιος, 2007). Η ρόφηση αναφέρεται στις διεργασίες που είναι γνωστές ως απορρόφηση (absorption) και προσρόφηση (adsorption), ενώ χρησιμοποιείται για να περιγράψει και την ιοντοανταλλαγή (ion-exchange). Το φυσικό ή χημικό φαινόμενο πίσω από τις δύο πρώτες διεργασίες σχετίζεται με άτομα, μόρια ή ιόντα τα οποία είτε εισέρχονται στον κυρίως όγκο μιας άλλης φάσης (αέριας, υγρής ή στερεάς) είτε προσκολλώνται στην επιφάνεια (εξωτερική ή εσωτερική) ενός στερεού, σε ένα πολύ λεπτό στρώμα. Στην πρώτη περίπτωση η διεργασία ονομάζεται απορρόφηση ενώ στη δεύτερη, στην οποία το στερεό είναι πορώδες, ονομάζεται προσρόφηση (Βογιατζής, 2009; Γαλιατσάτου, 1994; Καλαντζόπουλος, 1999). Σχηματική αναπαράσταση της απορρόφησης δίνεται στο Σχήμα 1.1, όπου φαίνεται ότι πρόκειται είτε για μια διεργασία κατά την οποία τα σωματίδια της προσροφημένης ουσίας διεισδύουν μεταξύ των ατόμων, των ιόντων ή των μορίων του προσροφητικού μέσου, είτε για μια διεργασία κατά την οποία τα μόρια ή άτομα από μια φάση διεισδύουν σχεδόν ομοιόμορφα ανάμεσα στα μόρια μιας άλλης φάσης για να σχηματίσουν ένα διάλυμα με τη φάση αυτή.



Σχήμα 1.1 Σχηματική αναπαράσταση (α) της απορρόφησης και (β) της προσρόφησης (Λεοντόπουλος, 2012)

Σε πολλές περιπτώσεις έχει διαπιστωθεί ότι η προσρόφηση συνοδεύεται μερικώς και από απορρόφηση, ενώ σε άλλες περιπτώσεις τα δύο φαινόμενα δε διαφέρουν μεταξύ τους (Almeida *et al.*, 2009; Βαγή, 2007; Ceyhan and Demet, 2001; Hu *et al.*, 2006; Özcan *et al.*, 2004; Qiao *et al.*, 2009; Vimonses *et al.*, 2010).

## 1.2 Ζεόλιθος

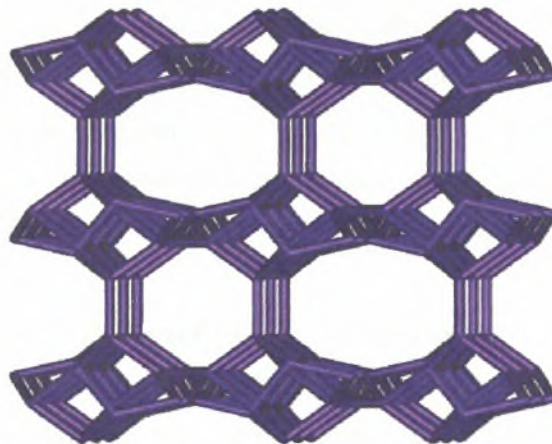
Με τον όρο «φυσικός ζεόλιθος» χαρακτηρίζεται το πέτρωμα που περιέχει ορυκτά της ομάδας των ζεόλιθων. Οι ζεόλιθοι ανακαλύφθηκαν το 1956, όταν ο Cronstedt, ένας Σουηδός μεταλλειολόγος ονοματοδότησε το πέτρωμα από τις ελληνικές λέξεις ζεω και λίθος, δηλαδή οι λίθοι (πέτρες) που ζέουν (βράζουν). Το όνομα ουσιαστικά προήλθε έπειτα από την παρατήρηση του Cronstedt πως η θέρμανση του συγκεκριμένου ορυκτού είχε ως αποτέλεσμα την αναταραχή του και την εκπομπή ατμού, χωρίς ωστόσο να παρατηρούνται αλλαγές στη κρυσταλλική του δομή (Mumpton, 1976).

Οι ζεόλιθοι είναι τεκτοπυριτικά ορυκτά (Εικόνα 1.1), επομένως έχουν το χαρακτηριστικό ότι αναπτύσσονται τρισδιάστατα στο χώρο, και ότι ο λόγος (Si + Al)/O ισούται με 1/2. Η τρισδιάστατη δομή τους αποτελείται από τετράεδρα πυριτίου και οκτάεδρα αργιλίου τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με κοινά οξυγόνα. Είναι αρνητικά φορτισμένοι με αποτέλεσμα να έλκουν κατιόντα τα οποία και δεσμεύουν στο εσωτερικό τους (Marcus and Comier, 1999).



Εικόνα 1.1 Το ορυκτό ζεόλιθος

Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι στο πλέγμα των ζεόλιθων υπάρχουν κενοί χώροι (κοιλότητες ή κανάλια) οι οποίοι έχουν μέγεθος από 0,3 έως 0,8 nm. Οι μεγάλοι κενοί χώροι στη δομή των ζεόλιθων (Εικόνα 1.2) επιτρέπουν την είσοδο (αλλά και την εύκολη έξοδο και ανταλλαγή) κατιόντων μεγάλων διαστάσεων όπως νατρίου, καλίου, ασβεστίου, καθώς και μορίων όπως νερού, αμμωνιακών και νιτρικών ιόντων (Gottardi, 1985).



Εικόνα 1.2 Η δομή του ζεόλιθου

Οι ζεόλιθοι είναι γνωστοί για την ικανότητα τους να αποβάλλουν και να προσλαμβάνουν νερό κατά περίπου το 30% του βάρους τους, ενώ μπορούν να ανταλλάσσουν κατιόντα μέσω ιοντοανταλλαγής χωρίς να παρατηρείται σημαντική αλλοίωση της δομής τους. Το ποσοστό του νερού που αποβάλλεται (π.χ. υπό κενό σε

υψηλή θερμοκρασία) είναι ένα πρώτο καλό δείγμα της ροφητικής του ικανότητας, αφού ο κενός χώρος που θα προκύψει από την απώλεια των μορίων του νερού, μπορεί να πληρωθεί με τη ρόφηση άλλων μορίων (Barrer, 1978).

Μερικά χαρακτηριστικά των ζεόλιθων είναι τα παρακάτω (Marcus and Cornier, 1999):

- Παρουσιάζουν το φαινόμενο της εκλεκτικής προσρόφησης δηλαδή μέσα στους πόρους τους έλκονται συγκεκριμένα μόρια και ιόντα
- Έχουν μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (C.E.C)
- Έχουν μικρό ειδικό βάρος, λόγω καναλιών
- Λειτουργούν ως καλοί καταλύτες
- Είναι θερμικά πολύ σταθεροί, ενώ κάποια είδη αντέχουν σε αλκαλικό περιβάλλον, κάποια άλλα σε όξινο και μερικά είναι ανθεκτικά στη ραδιενέργεια

**Πίνακας 1.1** Βασικές ιδιότητες των ζεόλιθων (Διονυσίου, 2010)

<b>Ιδιότητα</b>	
<b>Κανάλια</b>	<b>0,22 – 0,8 nm</b>
<b>Κοιλότητες</b>	<b>0,66 – 1,18 nm</b>
<b>Θερμική σταθερότητα</b>	<b>500 – 1000°C</b>
<b>C.E.C</b>	<b>Μέχρι και 400 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup></b>

Οι ζεόλιθοι είναι ιζηματογενούς προέλευσης, αλλά απαντώνται και σε μεταμορφωσιγενή πετρώματα, με ποικίλους χρωματισμούς, από ελαφρώς κόκκινους έως λευκούς ή εντελώς άχρωμους και διαφανείς (Gottardi and Galli, 1985).

Σήμερα είναι γνωστά περίπου 50 διαφορετικά είδη φυσικών ζεόλιθων (Soldatov and Ripmeester, 2005), εκ των οποίων τα εννέα παρακάτω έχουν βρει τις κυριότερες βιομηχανικές εφαρμογές:

- Analcime  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Laumontite  $\text{Ca}_{0,5}(\text{AlSi}_2\text{O}_6) \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Erionite  $(\text{Na}_2, \text{K}_2, \text{Ca})_2\text{Al}_4\text{Si}_{14}\text{O}_{36} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$
- Faujasite  $(\text{Na}_2, \text{Ca}, \text{Mg})_{3,5}[\text{Al}_7\text{Si}_{17}\text{O}_{48}] \cdot 32\text{H}_2\text{O}$

- Phillipsite  $(Ca,Na_2,K_2)_3Al_6Si_{10}O_{32} \cdot 12H_2O$ .
- Chabasite  $Ca_2[Al_4Si_8O_{24}] \cdot 12H_2O$
- Clinoptilolite  $Na_6[Al_6Si_{30}O_{72}] \cdot 20H_2O$
- Heulandite  $Ca_4[Al_8Si_{28}O_{72}] \cdot 24H_2O$
- Mordenite  $Na_8[Al_8Si_{40}O_{96}] \cdot 28H_2O$

Πίνακας 1.2 Φυσικά χαρακτηριστικά ορισμένων φυσικών ζεόλιθων (Polat et al., 2004)

Ζεόλιθος	Πορώδες [%]	Θερμική σταθερότητα	Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων [meq g <sup>-1</sup> ]	Ειδικό βάρος [g cm <sup>-3</sup> ]	Φαινομενική πυκνότητα [g cm <sup>-3</sup> ]
Analcime	18	Υψηλή	4.54	2.24-2.29	1.85
Chabazite	47	Υψηλή	3.84	2.05-2.10	1.45
Clinoptilolite	34	Υψηλή	2.16	2.15-2.25	1.15
Erionite	35	Υψηλή	3.12	2.02-2.08	1.51
Heulandite	39	Χαμηλή	2.91	2.18-2.20	1.69
Mordenite	28	Υψηλή	4.29	2.12-2.15	1.70
Phillipsite	31	Μέτρια	3.31	2.15-2.20	1.58

Κοιτάσματα φυσικών ζεόλιθων βρίσκονται σε όλο τον κόσμο και κυρίως στις Η.Π.Α., στην Ιαπωνία, στην Κούβα, στην Ιταλία, στην Βουλγαρία, στο Μεξικό, στην Κορέα και στην Γερμανία (Mumpton, 1976; Virta, 1998). Στην Ελλάδα η συστηματική έρευνα για ανεύρεση ζεόλιθων άρχισε να εκτελείται από το ΙΓΜΕ περίπου την δεκαετία του 1990. Οικονομικής σημασίας κοιτάσματα φυσικών ζεόλιθων έχουν εντοπιστεί στους Νομούς Έβρου και Ροδόπης και σε νησιά του Αιγαίου πελάγους όπως η Σαντορίνη, η Σάμος και η Μήλος. Οι φυσικοί ζεόλιθοι που έχουν βρεθεί στον Ελλαδικό χώρο είναι κατά κύριο λόγο ο κλινοπτιλόλιθος και ο μορντενίτης, με αξιοσημείωτα ποσοστά καθαρότητας που κυμαίνονται από 23 έως 79% και ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων που κυμαίνεται από 96 μέχρι 216 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Φιλιππίδης και Κασώλη – Φουρναράκη, 2000). Ο κλινοπτιλόλιθος έχει την

ιδιότητα να δεσμεύει ανόργανες και οργανικές ουσίες, υψηλά ποσοστά από μέταλλα και οργανομεταλλικές ουσίες, ενώ εμπλουτίζει τα νερά με οξυγόνο.

Ο ζεόλιθος είναι τελείως ακίνδυνος και έχει πολλές εφαρμογές τόσο στην γεωργία και την κτηνοτροφία όσο και σε διάφορους άλλους τομείς. Οι κυριότερες χρήσεις του ζεόλιθου φαίνονται στον Πίνακα 1.3.

**Πίνακας 1.3** Χρήσεις του ζεόλιθου (Dyer, 1984)

<b>Ως προσθετικό χορτομάζας</b>
<b>Ως βελτιωτικό</b>
<b>Ως αποσκληρυντικό στα απορρυπαντικά</b>
<b>Στην κτηνοτροφία</b>
<b>Στις ιχθυοκαλλιέργειες</b>
<b>Στον καθαρισμό των λυμάτων</b>
<b>Στα οικοδομικά υλικά</b>
<b>Στην δέσμευση βαρέων μετάλλων</b>
<b>Στην συγκράτηση της υγρασίας ιδιαίτερα στα αμμώδη εδάφη</b>
<b>Ως συνεργητικό υλικό των χημικών λιπασμάτων</b>

Ο ζεόλιθος χρησιμοποιείται ως συνεργητικό υλικό των συνθετικών λιπασμάτων για την βραδεία αποδέσμευσή τους καθώς και ως προσθετικό αζώτου σε εδάφη φτωχά σε άζωτο (Rehakova, 2004). Οι φυσικοί ζεόλιθοι χρησιμοποιούνται ευρέως στην βελτίωση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους (Abdi *et al.*, 2006). και ενισχύουν την αποδοτικότητα χρήσης του αζώτου (Rehakova, 2004). Ακόμη, η προσθήκη ζεόλιθου επιδρά ως βελτιωτικό εδάφους στην αύξηση της παραγωγής των καλλιεργειών και βελτιώνει την διαθεσιμότητα του νερού προς τα φυτά (Olczyk, 2005). Επίσης έχει χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση αμμωνιακών ιόντων από γεωργικά και βιομηχανικά απόβλητα, αλλά και από το νερό άρδευσης και ύδρευσης (Wang and Peng, 2010).

Οι φυσικοί ζεόλιθοι μπορούν να δεσμεύουν με ιονταλλαγή τα ιόντα των βαρέων μετάλλων όπως π.χ. του μόλυβδου, του χρωμίου, του χαλκού, του καδμίου, του μαγγανίου και να απομακρύνουν τους ρυπαντές αυτούς από βιομηχανικά και μεταλλευτικά απόβλητα. Στις ζωοτροφές η προσθήκη του ζεόλιθου χρησιμοποιείται στην απορρόφηση τοξικών ουσιών που θεωρούνται ότι είναι βλαβερές για τα ζώα.

Στην κτηνοτροφία χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα διατροφής των ζώων και ως μέσο περιορισμού των οσμών από τις κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις (Διονυσίου, 2010).

### 1.3 Μπεντονίτης

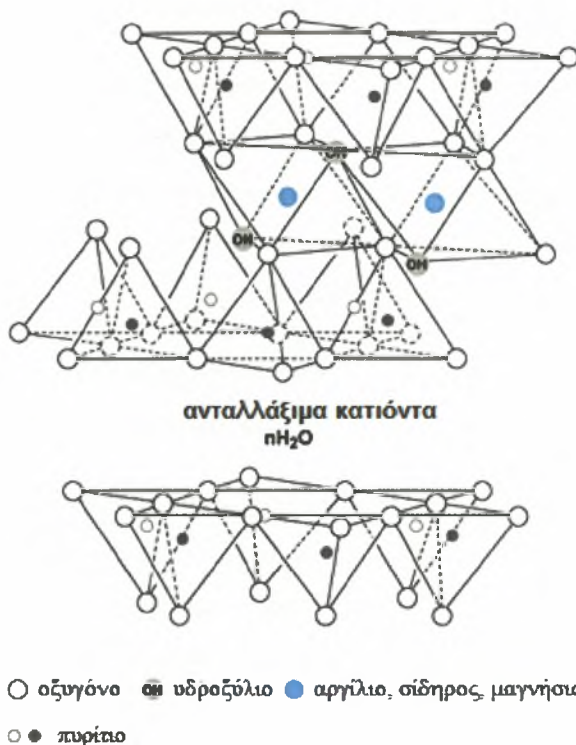
Ο μπεντονίτης (Εικόνα 1.3) είναι ένα αργιλικό πέτρωμα λεπτότατης υφής που πήρε το όνομά του από την τοποθεσία Fort Benton της πολιτείας Wyoming των Η.Π.Α., όπου πρωτοανακαλύφθηκε και άρχισε να εξορύσσεται στα τέλη του 19ου αιώνα. Οι κυριότερες ιδιότητές του, που καθορίζουν και τα πεδία εφαρμογής του, είναι η πλαστικότητα, η μεγάλη ειδική επιφάνεια, η προσροφητική ικανότητα, οι κολλοειδείς ιδιότητες, η ιοντοανταλλακτική ικανότητα, οι στεγανοποιητικές και συνδετικές ιδιότητες κ.ά. Ο μπεντονίτης αποτελείται από ορυκτά της ομάδας των σμεκτιτών, με κυρίαρχο συστατικό του το μοντμοριλλονίτη. Όταν η περιεκτικότητά σε μοντμοριλλονίτη είναι μικρότερη από 60 - 80%, το υλικό χαρακτηρίζεται ως “μπεντονιτική άργιλος”. Σε κάποιες περιπτώσεις περιέχει σε μικρή αναλογία βαϊδελίτη ή άλλα σμεκτιτικά ορυκτά και σε κάποιο ποσοστό μη αργιλικά ορυκτά. Οι πιο συνηθισμένες προσμίξεις του είναι: ιλλίτης, νατρονίτης, καολινίτης, αταπουλκίτης, χαλαζίας, άστριοι, ασβεστίτης. (Δημήρκου - Ιωάννου, 1992).



Εικόνα 1.3 Το ορυκτό μπεντονίτης

Ο μοντμοριλλονίτης είναι ένα αργιλοπυριτικό ορυκτό, το κρυσταλλικό πλέγμα του οποίου αποτελείται από εναλλασσόμενες βασικές δομικές στοιβάδες τετραέδρων

πυριτίου και οκταέδρων αργιλίου σε σχέση 2:1 (Χατζηκωστή, 2011). Συγκεκριμένα, το προτεινόμενο μοντέλο δομής αποτελείται από δύο στοιβάδες τετραέδρων  $\text{Si}^{4+}$ , μέρος του οποίου αντικαθίσταται ισόμορφα από  $\text{Al}^{3+}$  καθώς και μια στοιβάδα από  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Li}^+$  (ανάλογα με την τοποθεσία προέλευσης του μπετονίτη) σε οκταεδρική διάταξη. Επίσης ο μπετονίτης περιέχει ενδοστοιβαδικά ανταλλάξιμα  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  καθώς και  $\text{H}_2\text{O}$  λόγω της μεγάλης τους προσροφητικής ικανότητας.



Σχήμα 1.2 Δομή του μπετονίτη ( Valenzuela Díaz and de Souza Santos, 1999)

Ανάλογα με το αν το υπό ανταλλάξιμη μορφή κατιόν στο μοντμοριλλονίτη είναι το ιόν του νατρίου ( $\text{Na}^+$ ) ή το ιόν του ασβεστίου ( $\text{Ca}^{2+}$ ) (Σχήμα 1.3), οι φυσικοί μπετονίτες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:



Σχήμα 1.3 Κατιόντα υπό ανταλλάξιμη μορφή ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ) και αρνητικά φορτισμένη επιφάνεια μπετονίτη (Bellingham, 2009)



- Τους νατριούχους μπεντονίτες ή ισχυρά διογκούμενους μπεντονίτες (Wyoming type), οι οποίοι προσροφούν ικανές ποσότητες νερού και διογκώνονται (Σχήμα 1.4) μέχρι και το 20-πλάσιο του αρχικού ξηρού όγκου τους. Σε περίσσεια ύδατος οι μπεντονίτες αυτοί παραμένουν ως αιωρήματα (Odom, 1984).
- Τους ασβεστούχους μπεντονίτες (εδώ ανήκουν και οι καλιούχοι μπεντονίτες) ή μη διογκούμενους μπεντονίτες ή “μετα-μπεντονίτες”, οι οποίοι προσροφούν μεν περισσότερο νερό από άλλες αργίλους, δεν διογκώνονται δε σε αξιόλογο βαθμό και καθιζάνουν γρήγορα στο νερό (Churchman, 1995).

Η περιεκτικότητα του μπεντονίτη σε μοντιμοριλλονίτη είναι αυτή που καθορίζει και τις ιδιότητές του. Αυτές μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- ιδιότητες που απορρέουν από τη κρυσταλλογραφία του μπεντονίτη, όπως η συνδετική ισχύς, η ικανότητα προσρόφησης, η διασπορά, οι ρεολογικές, πληρωτικές και ηλεκτροστατικές ιδιότητες και
- ιδιότητες που απορρέουν από τη φυσικοχημική του σύνθεση, οι οποίες είναι η ιοντοανταλλακτική ικανότητα και οι καταλυτικές ιδιότητες (Σαββίδης, 1999).

Τα κοιτάσματα του μπεντονίτη παρουσιάζονται με ποικίλα χρώματα, όπως λευκό σταχτί, κίτρινο, πράσινο, κιτρινοπράσινο, μαύρο κλπ., ανάλογα με την προέλευση και τη χημική τους σύσταση. Κιτρινοπράσινο ή γκρι χρώμα χαρακτηρίζει, συνήθως τα επιφανειακά στρώματα του ορυκτού, λόγω της ύπαρξης τρισθενούς σιδήρου ( $Fe^{3+}$ ). Ο μπεντονίτης κοντά στην επιφάνεια παρουσιάζεται σε κυψελώδη μορφή που οφείλεται στις αλληπάλληλες διογκώσεις και αποδιογκώσεις κατά τις περιόδους των βροχών και της ξηρασίας, αντίστοιχα. Τα κοιτάσματα του μπεντονίτη στους βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς έχουν συνήθως κηρώδη μορφή και το χρώμα του μεταβάλλεται σε μπλε-πράσινο, καθώς ο σίδηρος απαντάται ως δισθενής ( $Fe^{2+}$ ). Είναι δυνατό να συναντήσουμε μπεντονίτη με κιτρινοπράσινο χρώμα και στα βαθύτερα στρώματα, λόγω του γεγονότος ότι η οξειδωση προχωρά μέσω των ρωγμών του εδάφους (Δημήρκου-Ιωάννου, 1992; Περράκη, 2007).

Ο καλύτερης ποιότητας φυσικός νατριούχος μπεντονίτης παράγεται στις δυτικές Η.Π.Α. σε μια περιοχή μεταξύ των Black Hills της νότιας Dakota και Big Horn Basin στο Wyoming. Ο μπεντονίτης που παράγεται στις Ελλάδα, Αυστραλία, Ρωσία, Ινδία και Ουκρανία είναι νατριοασβεστούχος (Πανταζίδου, 2010). Η Ελλάδα παίζει

καθοριστικό ρόλο στην παραγωγή του μπεντονίτη σε παγκόσμια κλίμακα. Η εξόρυξη πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο στα ορυχεία της νήσου Μήλου (S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε.) και σε μικρότερες ποσότητες στη νήσο Κίμωλο (Μπεντομιν Επιχειρήσεις Κιμώλου Α.Ε.).

Πίνακας 1.4 Παραγωγή του μπεντονίτη για τα έτη 2004-2008 σε διάφορες χώρες (tons) (Virta, 2010)

Χώρα	2004	2005	2006	2007	2008
Αυστραλία	265.000	223.000	220.000	255.000	250.000
Βουλγαρία	225.000	181.000	134.000	99.000	100.000
Κροατία	16.000	18.391	16.410	19.578	19.500
Κύπρος	155.717	150.000	150.000	150.000	150.000
Γερμανία	404.549	352.374	363.998	384.709	385.000
Ελλάδα	1.030.556	1.124.795	1.125.000	950.000	950.000
Ιταλία	475.000	446.000	470.000	599.775	599.000
Τουρκία	850.000	925.000	950.000	930.000	900.000
Ουκρανία	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000
Η.Π.Α.	4.550.000	4.710.000	4.940.000	4.820.000	5.030.000

Η παγκόσμια παραγωγή του μπεντονίτη για τα έτη 2004-2008 σε διάφορες χώρες, σύμφωνα με το USGS Mineral Yearbook 2008, παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.4. Πληροφορίες για την παραγωγή σε Κίνα και Καναδά δεν παρατίθενται λόγω της έλλειψης επαρκών στοιχείων, αν και από άλλες πηγές η παραγωγή υπολογίζεται κοντά στους 3.1 Mt (Virta, 2009; Virta, 2010). Συνολικά, η παγκόσμια παραγωγή του μπεντονίτη για το έτος 2008 ανήλθε στους 11.7 Mt, με τις Η.Π.Α. να είναι ο βασικός προμηθευτής, με την Ελλάδα (8% της συνολικής παραγωγής) και την Τουρκία να ακολουθούν. Σύμφωνα με τα στοιχεία του Συνδέσμου Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων η συνολική παραγωγή εξορυγμένου ορυκτού στον κλάδο του μπεντονίτη για την Ελλάδα ανέρχεται σε 845.000 t για το έτος 2009 και 860.000 t για το έτος 2010 (Virta, 2011), σημαντικά μικρότερη της παραγωγής του 2008 λόγω πτώσης της διεθνούς ζήτησης, ιδιαίτερα στον τομέα της χαλυβουργίας. Η χαμηλή ζήτηση, όπως είναι φυσικό επηρέασε και την παραγωγή ενεργοποιημένου μπεντονίτη η οποία ανήλθε σε 850.000 t (Newman, 2008).

Η ευρεία χρήση του ακατέργαστου ή κατεργασμένου μπεντονίτη οφείλεται στις παρακάτω χαρακτηριστικές του ιδιότητες:

- μεγάλη προσροφητική ικανότητα,

- υψηλή πλαστικότητα,
- δυνατότητα ιοντοανταλλαγής,
- θιξοτροπία σε ιζώδη αιωρήματα,
- δυνατότητα να δρα σαν συνδετικό υλικό, κ.λ.π.

Η ποικιλία των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του μπεντονίτη, οι οποίες είναι είτε εγγενείς είτε διαμορφώνονται μετά από κατάλληλη επεξεργασία, συντελούν στη χρήση του σε ένα ευρύ φάσμα τεχνολογικών εφαρμογών. Οι χρήσεις του μπορούν να διαχωριστούν σε συμβατικές και ειδικές.

Πίνακας 1.5 Χρήσεις του μπεντονίτη (Λεοντόπουλος, 2012)

Συμβατικές	Ειδικές
Χυτήρια	Τεχνολογία κεραμικών
Τεχνικά έργα	Βιομηχανία χαρτιού
Γεωτρήσεις πετρελαίου	Γεωργία
Σφαιροποίηση	Αποχρωματισμός - κατεργασία τροφίμων
Δέσμευση ραδιενεργών αποβλήτων	Προϊόντα οικιακής χρήσης
	Καθαρισμός υδάτων

Η χρήση του μπεντονίτη στη τεχνολογία απομάκρυνσης υψηλά ραδιενεργών αποβλήτων παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Καταρχήν, από μηχανικής απόψεως, συγκρατεί τα δοχεία με τα ραδιενεργά απόβλητα στη θέση τους και εμποδίζει την κατάρρευση της εκσκαφής. Λόγω της πλαστικής παραμόρφωσης, την οποία παρουσιάζει, είναι δυνατή η ανακατανομή των πιέσεων που μπορεί να προκύψουν από τη θραύση του πετρώματος και η παρεμπόδιση της μετάδοσης των πιέσεων στα δοχεία. Κατά δεύτερον, απαιτείται η υψηλή υδατοστεγανότητα του μπεντονίτη ώστε να περιορίζεται και να επιβραδύνεται όσο το δυνατόν περισσότερο η πρόσβαση του νερού στα δοχεία. Τα δοχεία με τα απόβλητα διαβρώνονται πολύ αργά και διατηρούνται ως έχουν τουλάχιστο για χίλια χρόνια. Κατά τη διάρκεια αυτού του χρονικού διαστήματος, η τοξικότητα των υψηλά ραδιενεργών αποβλήτων ελαττώνεται στο 1% της αρχικής τους τιμής. Η πολύ χαμηλή υδραυλική αγωγιμότητα του συμπαγούς μπεντονίτη, εξασφαλίζει ότι τα ραδιενεργά ακτίνια μπορούν να φτάσουν το περιβάλλον πέτρωμα μόνο μέσω διάχυσης από το στρώμα του

μπεντονίτη. Αυτή η διάχυση γίνεται με ανταλλαγή κατιόντων εντός του μοντμοριλλονίτη, μια διαδικασία που υπολογίστηκε ότι ανεβάζει το χρόνο που χρειάζονται τα ακτίνια να διαπεράσουν το στρώμα του μπεντονίτη σε 104-106 χρόνια. Η τοξικότητα των περιεχομένων αποβλήτων μετά από αυτό το χρονικό διάστημα αντιστοιχεί σε αυτή των φυσικών κοιτασμάτων ουρανίου (Khan *et al.*, 1995a, b ; Yu *et al.*, 2007)

Οι μπεντονίτες και κυρίως οι ασβεστούχοι, χρησιμοποιούνται ως ρυθμιστές της οξύτητας των εδαφών και έχουν τη δυνατότητα λόγω της ικανότητας κατακράτησης νερού να διατηρούν την υγρασία σε ξηρά και αμμώδη εδάφη με σκοπό την αξιοποίησή τους. Μπορούν επίσης να συμβάλλουν στην εξυγίανση μολυσμένων εδαφών, δεσμεύοντας ορισμένα βαρέα μέταλλα και παρεμποδίζοντας έτσι την απορρόφησή τους από τα φυτά, καθώς και στην ελεγχόμενη δέσμευση ζιζανιοκτόνων Boule *et al.*, 1998; (Bhattacharyya and Gupta, 2008). Η εφαρμογή του ως βελτιωτικό μέσο συμβάλλει στην αυξημένη απόδοση των καλλιεργειών, τη μικρότερη κατανάλωση νερού κατά την άρδευση και την ελάττωση της προσθήκης συνθετικών λιπασμάτων.

#### 1.4 Γκαιτίτης

Ο γκαιτίτης (Εικόνα 1.4) είναι ορυκτό που έχει χημικό τύπο  $\alpha\text{-FeOOH}$  ανήκει στην κατηγορία των οξειδίων και κρυσταλλώνεται στο ρομβικό σύστημα. Πήρε το όνομα του προς τιμήν του Γερμανού ποιητή, συγγραφέα και φιλόσοφο Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832). Το ορυκτό ανακαλύφθηκε το 1806 σε περιοχές της Γερμανίας (<http><sup>1</sup>).



Εικόνα 1.4 Το ορυκτό γκαιτίτης

Είναι εξαιρετικά διαδεδομένο ορυκτό, προερχόμενο από την αποσάθρωση σχεδόν όλων των σιδηρομιγών πρωτογενών ορυκτών σε συνθήκες ύπαρξης σχετικά υψηλών συγκεντρώσεων οξυγόνου και αποτελεί σημαντικό μετάλλευμα σιδήρου. Σχηματίζεται και ως ίζημα προερχόμενο από ύδατα εμπλουτισμένα σε διαλυτές ενώσεις σιδήρου, όταν αυτά βρεθούν σε συνθήκες οξειδωσης και ανευρίσκεται και σε υδροθερμικές φλέβες.

Έχει λάμψη αδαμαντώδη, μεταλλική, ημιμεταλλική, μεταξώδη ή θαμπή. Το χρώμα του διαφέρει και μπορεί να πάρει πολλές αποχρώσεις του καστανού μέχρι του μαύρου, του ωχροκίτρινου ή του καστανοκίτρινου. Η σκληρότητα του κυμαίνεται από 5-5,5 Mohs, ενώ το ειδικό του βάρος από 3,3 - 4,3 g cm<sup>-3</sup>. Μπορεί να είναι ημιδιαφανής ή αδιαφανής (<http><sup>2</sup>).

Ο γκαιτίτης είναι το πιο κοινό οξείδιο του σιδήρου στα εδάφη (Schwertmann and Cornell, 2000). Η προσρόφηση επιβλαβών για την υγεία του ανθρώπου κατιόντων από τον γκαιτίτη είναι σημαντική. Στην περίπτωση που η συγκέντρωση των κατιόντων στο έδαφος είναι υψηλή παρατηρείται συσσώρευση αυτών στα φυτά. Ο γκαιτίτης έχει αναγνωριστεί ότι μπορεί και ελέγχει την διαθεσιμότητα των τοξικών ανιόντων και κατιόντων στα φυτά (Abdus-Salam and Adekola, 2005).

Ο φυσικός γκαιτίτης που υπάρχει στο περιβάλλον συνήθως δεν βρίσκεται σε καθαρή μορφή αλλά περιέχει προσμίξεις από διάφορα ξένα στοιχεία, όπως είναι το Mn και το H<sub>2</sub>O. Για τις περισσότερες προσμίξεις δεν έχει γίνει συστηματική έρευνα και δεν είναι γνωστό για τα περισσότερα στοιχεία με ποιο ακριβώς τρόπο συκρατούνται στο κρυσταλλικό πλέγμα του γκαιτίτη (Schwertmann and Cornell, 2000).

Ανευρίσκεται σε πολλά σημεία της γης. Σημαντικές του εμφανίσεις είναι στη Γερμανία, ιδίως στις περιοχές της Βεσφαλίας και της Έσσης, στην Τσεχία, τη Γαλλία, την Κορνουάλη της Βρετανίας, τις ΗΠΑ και σε πολυάριθμα ακόμη σημεία του πλανήτη.

Στην Ελλάδα ανευρίσκεται στη Μύκονο (περιοχή Πανόρμου), στην παραλία Απηγανιάς της Τήνου, σχεδόν σε όλα τα μεταλλεία Λαυρίου, στο ορυχείο «Μαυτόλακκος» της Θάσου, στην Αλιστράτη Σερρών, στη Μαρώνεια της Κομοτηνής, στη Λευκόπετρα της Ξάνθης και στη Λοκρίδα του νομού Φθιώτιδος ως συνοδό ορυκτό του βωξίτη στο ορυχείο «Νησί».

Επίσης, στον ελλαδικό χώρο γκαιτίτης έχει βρεθεί σε ασβεστόλιθους στην Κρήτη. Τα πετρώματα της περιοχής αυτής περιέχουν ασβεστίτη σε ποσοστό που κυμαίνεται από 80% έως 84% ενώ σε μικρότερες αναλογίες περιέχονται ιλλίτης, χαλαζίας, αλβίτης και γκαιτίτης (Hurlbut and Klein, 1985).

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του γκαιτίτη είναι η επαμφοτερίζουσα συμπεριφορά όσο αφορά την προσρόφηση ιόντων. Σε χαμηλές τιμές pH, όπου υπάρχει περίσσεια  $H^+$  στο διάλυμα, οι υδροξυλιωμένες ομάδες  $-OH$  των θραυσσιγενών ακμών δέχονται ένα επιπλέον  $H^+$ , με αποτέλεσμα να καθίστανται θετικά φορτισμένες. Σε υψηλά pH, όπου υπάρχει έλλειψη  $H^+$  στο διάλυμα, το ορυκτό αποβάλλει  $H^+$  από τις υδροξυλιωμένες ομάδες του, οι οποίες έτσι καθίστανται φορτισμένες αρνητικά. Η τιμή του pH όπου το αλγεβρικό άθροισμα των φορτιών του ορυκτού είναι μηδέν λέγεται σημείο μηδενικού φορτίου ή ισηλεκτρικό σημείο (PZC). Όταν στο έδαφος το pH είναι υψηλότερο του PZC, ο γκαιτίτης φέρει κυρίως αρνητικό φορτίο και προσροφά κατιόντα, ενώ όταν το pH εδάφους είναι μικρότερο από του PZC, ο γκαιτίτης φέρει θετικό φορτίο και προσροφά ανιόντα. Σε φυσική κατάσταση στο έδαφος το PZC του γκαιτίτη είναι περίπου 9 οπότε υπό φυσιολογικές συνθήκες ο γκαιτίτης προσροφά ανιόντα και αποτελεί την κυριότερη επιφάνεια του εδάφους που έχει αυτή την ικανότητα (Kosmulski *et al.*, 2003)

– ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ –

*Ξενόγλωσση*

- Abdi, G. H., Khui, M. K., and Eshghi, S., 2006. Effects on natural zeolite on growth and flowering on strawberry. *International Journal of Agricultural Research* 1: 384 - 389.
- Abdus-Salam, N. and Adekola, F. A., 2005. The influence of pH and adsorbent concentration on Adsorption of Lead and Zinc on a natural Goethite. *African Journal of Science Technology* 6: 55 - 66.
- Almeida, C.A.P., Debacher, N.A., Downs, A.J., Cottet, L. and Mello, C.A.D., 2009. Removal of methylene blue from colored effluents by adsorption on montmorillonite clay. *Journal of Colloid and Interface Science* 332: 46 - 53.
- Barrer, R.M., 1978. *Zeolites and Clay Minerals as Sorbents and Molecular Sieves*. Academic Press Inc., London - New York.
- Bhattacharyya, K.G. and Gupta, S.S., 2008. Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite and montmorillonite: a review. *Advances in Colloid and Interface Science* 140: 114 - 131.
- Bellingham, B. K., 2009. *Method for Irrigation Scheduling Based on Soil Moisture Data Acquisition*, United States Committee on Irrigation and Drainage, Irrigation District Conference.
- Boult, K.A., Cowper, M.M., Heath, T.G., Sato, H., Shibutani, T. And Yui, M., 1998. Towards an understanding of the sorption of U(VI) and Se(IV) on sodium bentonite. *Journal of Contaminant Hydrology* 35: 141 - 150.
- Ceyhan Ö., Baybaş, D., 2001. Adsorption of Some Textile Dyes by Hexadecyltrimethylammonium Bentonite. *Turkish Journal of Chemistry* 25: 193 - 200.
- Churchman, G.J, Fitzpatrick, R.W. and Eggleton R.A., 1995. *Clays: Controlling the Environment*. Proc. 10th Int. Clay Conference, CSIRO Bookshop, East Melbourne pp 137 - 144.
- Dyer, A., 1984. Uses of natural zeolites. *Chemistry and Industry* 7: 241 - 245.
- Erdem, E., Karapinar, N. and Donat, R., 2004. The removal of heavy metal cations by natural zeolites. *Journal of Colloid and Interface Science* 280: 309 - 314.
- Gottardi, G and Galli, E., 1985. *Natural Zeolites*. Springer – Verlag (ed), Berlin.
- Hu, Q.H., Qiao, S.Z., Haghseresht, F., Wilson, M.A. and Lu, G.Q., 2006. Adsorption study for removal of basic red dye using bentonite. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 45: 733 - 738.
- Hurlbut, C. S. and Klein, C., 1985. *Manual of Mineralogy* (20th ed.). Wiley.
- Khan, S.A., Rehman, R., Khan, M.A., 1995a. Adsorption of chromium(III), chromium(VI) and silver(I) on bentonite. *Waste Management* 15: 271 - 282.
- Khan, S.A., Rehman, R., Khan, M.A., 1995b. Adsorption of Cs(I), Sr(II) and Co(II) on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Journal of Radioanalysis and Nuclear Chemistry* 190: 81 - 96.

- Kosmulski, M., Maczka, E., Jartych, E. and Rosenholm, J.B., 2003. Synthesis and characterization of goethite and goethite - hematite composite: experimental study and literature survey. *Advances in Colloid and Interface Science* 103: 57 – 76.
- Marcus, B. K. and Cornier, 1999. Going green with zeolites. *Chemical Engineering Progress*, June 1999. <http://www.aiche.org>.
- Mumpton, F.A., 1976. In *Natural Zeolites Occurrence, Properties and Use*. International Conference on the Occurrence, Properties, and Utilization of Natural Zeolites, Pergamon Press Ltd., Sand, L. B., and Mumpton, F. A. (Eds.), 3, Tucson, Arizona, June.
- Newman, H.R., 2008. USGS Mineral Yearbook, The Mineral Industry of Greece.
- Odom, I. E., 1984. "Smectite clay Minerals: Properties and Uses". *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 1517: 311 - 391.
- Olczyk, T., 2005. *Vegetarian Newsletter*. Horticultural Sciences Department A Vegetable Crops Extension Publication, Vegetarian 05-04. April 2005.
- Qiao, S., Hu, Q., Haghseresht, F., Hu, X. and Lu, G.Q. , 2009. An investigation on the adsorption of acid dyes on bentonite based composite adsorbent. *Separation and Purification Technology* 67: 218 - 225.
- Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Naci Onus A., 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. Special ed. 12: 183 - 189.
- Rehakova, M, Cuvanova, S., Dzivak, M., Rimarand, J., & Gavalova, Z. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current. Opinion in Soil State and Materials Science* 8: 397 - 404.
- Schwertmann, U. and Cornell, R. M., 2000. *The Iron Oxides in the laboratory. Preparation and characterization*. Second, Completely Revised and Extended Edition. Weinheim: Wiley - VCH.
- Soldatov, D.V. and Ripmeester, J.A., 2005. In *Nanoporous Materials IV*; Elsevier Science BV: Amsterdam, 156, 38.
- Virta, R.L., 1998. *Zeolites*. Zeolites 1 - 3.
- Valenzuela Díaz F. R. and de Souza Santos, P., 2001. Studies on the acid activation of brazilian smectitic clays. *Quimica Nova* 24: 345 - 353.
- Vimonses, V., Jin, B. and Chow, C.W.K., 2010. Insight into removal kinetic and mechanisms of anionic dye by calcined clay materials and lime. *Journal of Hazardous Materials* 177: 420 - 428.
- Virta, R.L., 2011. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries.
- Virta, R.L., 2010. USGS Minerals Yearbook, Clay and Shale.
- Virta, R.L., 2009. USGS Clays Statistics and Information.
- Wang, S. and Peng, P., 2010. Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal* 156: 11 - 24.



### *Ελληνική*

- Βαγή, Μ., 2008. “Μελέτη της υδρόλυσης και προσρόφησης επιλεγμένων οργανοφωσφορικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων σε υδατικά και εδαφικά συστήματα. Διερεύνηση της τοξικότητας σε θαλασσίους φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς”. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Βογιατζής, Ε., 2009. “Προσομοίωση, αριστοποίηση και ρύθμιση ηλιακού ψύκτη προσρόφησης συνεχούς λειτουργίας”, ΕΜΠ.
- Γαλιατσάτου, Π., 1994. “Μελέτη μακροσκοπικής δομής διαφραγμάτων γραφίτη και Carbolac και μικροσκοπικής δομής ενεργού άνθρακα παραγόμενου από φυτικά προϊόντα”. ΕΜΠ.
- Δημήτρου-Ιωάννου, Α., 1992. “Επίδραση ορισμένων εδαφικών συστατικών στην κινητική της προσρόφησης του φωσφόρου”. Διδακτορική διατριβή. Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Διονυσίου, Ο.Ν., 2010. Μελέτη της ικανότητας του τροποποιημένου ζεόλιθου ως μέσο απορρύπανσης υδάτων άρδευσης. Διδακτορική διατριβή. Α.Π.Θ.
- Καλαντζόπουλος, Α., 1999. “Αεριοχρωματογραφικός προσδιορισμός σταθερών ταχύτητας και ενεργειακών μεγεθών προσροφήσεως σε αντιδράσεις αέριων ρύπων”, ΕΜΠ.
- Λεοντόπουλος, Χ., 2012. Μελέτη της προσρόφητικής ικανότητας ελληνικού μπετονίτη. Διδακτορική διατριβή. Ε.Μ.Π.
- Μέλλιος, Γ, 2008. “Θεωρητική και πειραματική διερεύνηση των εκπομπών αναθυμιάσεων υδρογονανθράκων από σύγχρονα βενζινοκίνητα οχήματα”. ΑΠΘ.
- Πανατζίδου, Ι.-Ι., 2010. “Σχεδιασμός και τεχνοοικονομική ανάλυση κυκλώματος εκχύλισης μπετονίτη με οξαλικό οξύ”. Διπλωματική Εργασία. Ε.Μ.Π.
- Περράκη, Θ., 2008. Βιομηχανικά ορυκτά, Ε.Μ.Π. Αθήνα.
- Σαββίδης, Χ, 1999. “Σταθεροποίηση/στερεοποίηση βαρέων μετάλλων σε στερεά βιομηχανικά απόβλητα”. ΕΜΠ.
- Φύλλιπιδης, Α και Κασώλη – Φουρναράκη., Α.2000. Δυνατότητα χρήσης Ελληνικών φυσικών ζεόλιθων στην ανάπλαση λιγνιτωρυχείων του Λιγνιτικού Κέντρου Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου. Σελ. 506 -515. Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Συν. Επιτρ. Οικον. Γεωλογίας και Γεωχημείας, Ε.Γ.Ε. 12 – 13 Φεβρουαρίου 2000, Κοζάνη.
- Φύλλιπιδης, Α, Κασώλη – Φουρναράκη, Α., Χαρίστος, Δ. και Τσιραμπίδης., Α., 1998. Οι ελληνικοί ζεόλιθοι ως μέσο απομάκρυνσης από το νερό ιχνοστοιχείων και ρύθμισης του pH. Σελ. 539 – 546. Πρακτικά 4<sup>ου</sup> Υδρολογικού Συνεδρίου, 14 – 16 Νοεμβρίου 1997, Θεσσαλονίκη.
- Χατζηκωστή, Α., 2011. Μελέτη του μηχανισμού θερμικής διάσπασης νανοσυνθετων υλικών πολύ (στυρενίου – co – μεθακρυλικού μεθυλεστέρα) με οργανικά τροποποιημένο μοντμοριλλινίτη. Μεταπτυχιακή διατριβή. Α.Π.Θ.

### *Διαδικτυακές αναφορές*

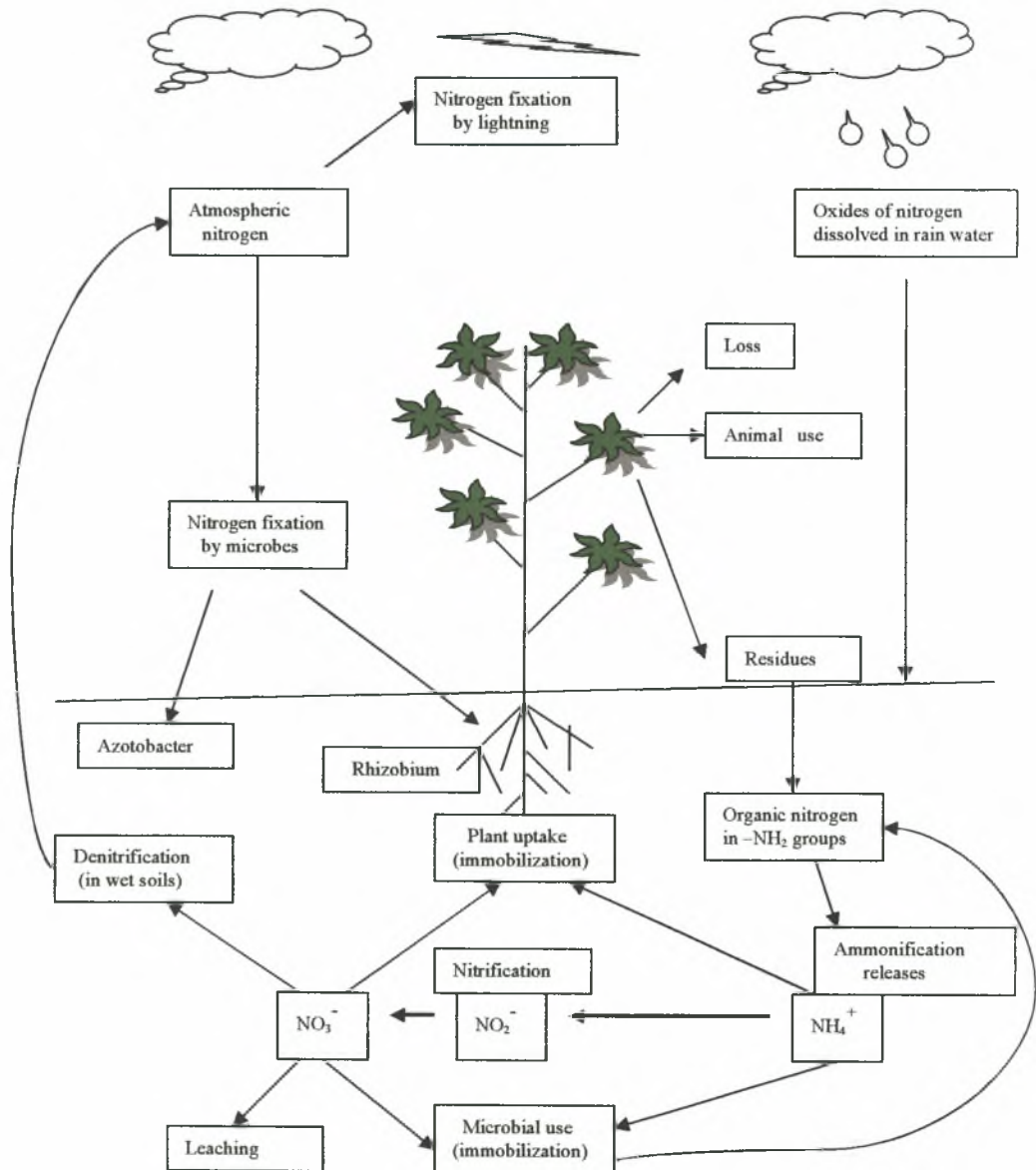
- <sup>1</sup> Mineralogy Database. Goethite. [http://www.mindat.org/  
http://www.mindat.org/min-1719.html](http://www.mindat.org/http://www.mindat.org/min-1719.html)
- <sup>2</sup> Wikipedia. The Free Encyclopedia  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Goethite>
- <sup>3</sup> Γαλαδάς, Ά. 2009. Μήλος: Όμορφο νησί από καολίνη, περλίτη, μπετονίτη. ΤΟ ΒΗΜΑ science.  
[http://www.tovima.gr/default.asp? pid=2&ct=33&artId=278211&dt=12/07/2009](http://www.tovima.gr/default.asp?pid=2&ct=33&artId=278211&dt=12/07/2009)
- <sup>4</sup> Μεταλλευτικό Μουσείο Μήλου. 2005. Μπετονίτης.  
<http://www.isocon.gr/uplds/File/betonitis.pdf>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΝΙΤΡΙΚΑ – ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ

#### 2.1 Ο κύκλος του αζώτου

Τα αμμωνιακά και νιτρικά άλατα είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών και δημιουργούνται μέσα στην αλυσίδα αντιδράσεων στον κύκλο του αζώτου.



Σχήμα 1.1 Ο κύκλος του αζώτου (Frederick and Thompson, 2005)

Η μεγάλη πλειονότητα των ζωντανών οργανισμών δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει το μοριακό άζωτο που βρίσκεται άφθονο στην ατμόσφαιρα, και έτσι αυτό πρέπει να μετατραπεί σε κάποια άλλη πιο “εύχρηστη” μορφή. Η διαδικασία αυτή, που είναι γνωστή ως αζωτοδέσμευση, πραγματοποιείται είτε με φυσικό είτε με βιολογικό τρόπο.

Στη φυσική αζωτοδέσμευση, το άζωτο της ατμόσφαιρας ενώνεται με το οξυγόνο ή το υδρογόνο των υδρατμών, με την απορρόφηση ενέργειας που προσφέρεται από κεραυνούς ή άλλες ηλεκτρικές εκκενώσεις, σχηματίζοντας νιτρικά ιόντα ή αμμωνία αντίστοιχα. Αυτά, στη συνέχεια, μεταφέρονται με τη βοήθεια της βροχής στο έδαφος.

Η βιολογική αζωτοδέσμευση, αποτελεί τον κύριο τρόπο μετατροπής του ελεύθερου αζώτου σε χρήσιμες, για τους οργανισμούς, χημικές ενώσεις. Πραγματοποιείται με τη βοήθεια μικροοργανισμών του εδάφους, τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια, τα οποία είτε ζουν ελεύθερα είτε συνηθέστερα συμβιώνουν (πχ. *Rhizobium*) στις ρίζες ορισμένων φυτών όπως τα ψυχανθή (όσπρια, κουκιά κλπ.). Εκεί, τα βακτήρια μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό άζωτο σε νιτρικά ιόντα, μέρος των οποίων μεταφέρονται στα φυτά. Ως μέρος αυτής της συμβίωσης τα φυτά μετατρέπουν τα νιτρικά ιόντα σε οξείδια του αζώτου και αμινοξέα για τη δημιουργία πρωτεϊνών και άλλων βιολογικά χρήσιμων μορίων, και σε αντάλλαγμα παράγουν σάκχαρα, τα οποία χρειάζονται τα βακτήρια.

Στη συνέχεια, το άζωτο που είναι δεσμευμένο στην οργανική ύλη, ανακυκλώνεται κλείνοντας έτσι τον κύκλο του αζώτου και διατηρώντας την ισορροπία στην ατμόσφαιρα. Αυτό πραγματοποιείται σε δύο στάδια: Οι πρωτεΐνες διασπώνται με τη βοήθεια μικροοργανισμών σε αμμωνία και αυτή από άλλους μικροοργανισμούς (νιτροποιητικοί) σε νιτρικά ιόντα. Μέρος αυτών μετατρέπονται από βακτήρια (απονιτροποιητικά) σε μοριακό άζωτο, που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

Τέλος, τα ζώα προσλαμβάνουν από τα φυτά τα αζωτούχα αμινοξέα, τα οποία χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την παρασκευή πρωτεϊνών και νουκλεϊκών οξέων (Frederick ;R.et al 2005;). (I. N. Θεριός 1996).

## 2.2 Νιτρικά

Τα νιτρικά αποτελούν την κύρια πηγή αζώτου των φυτών. Βρίσκονται παντού, στο έδαφος, το νερό, τα φυτά και την τροφή.

Συναντώνται στο εδαφικό διάλυμα, φέρουν αρνητικό φορτίο και γι' αυτό απωθούνται από τα αρνητικά φορτία που φέρουν τα σωματίδια του εδάφους και κινούνται ελεύθερα στο έδαφος με το νερό της έκπλυσης και απορροής. (Σιμώνης και Σετάτου, 2008)

Η συσσώρευση των νιτρικών από τα φυτά εξαρτάται από πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η ένταση του φωτός, η θερμοκρασία, η διαθεσιμότητα του αζώτου και η παρουσία του νερού (Curtis *et al.*, 1999).

Έχει παρατηρηθεί υψηλή περιεκτικότητα νιτρικών σε φυτικά είδη – μέλη συγκεκριμένων οικογενειών. Συγκεκριμένα, μέλη των οικογενειών *Amaranthaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cruciferae*, *Compositae*, *Graminae* και *Solanaceae* αναφέρονται ιδιαίτερα συχνά σαν είδη που τείνουν να συσσωρεύουν νιτρικά (Smirnoff and Stewart, 1983).

Το πρόβλημα με τα νιτρικά δημιουργείται όταν αυτά βρίσκονται σε λάθος χρόνο και λάθος θέση στο έδαφος. Αποτελούν ενδιάμεσο προϊόν – κλειδί στον κύκλο του αζώτου (ανοργανοποίηση, νιτροποίηση, ακινητοποίηση). Η πρόσληψη από τα φυτά είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη τους. (Σιμώνης και Σετάτου, 2008).

Η προσφυγή στην αζωτούχο λίπανση είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση της ποσότητας του αζώτου που χρειάζονται τα φυτά για υψηλές αποδόσεις αλλά και για την διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους. Η υπερβολική χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων τα τελευταία χρόνια έχει δημιουργήσει προβλήματα στην ποιότητα του περιβάλλοντος και την υγεία του ανθρώπου λόγω της τάσης να αυξάνονται η μετακίνηση των νιτρικών από το έδαφος στα φυσικά νερά.

Η κατανόηση της μεταφορά των νιτρικών στο έδαφος συναντά τρία προβλήματα:

Το έδαφος είναι ένα βιολογικό σύστημα. Τα νιτρικά δεν διακινούνται απλά μέσω του εδάφους, αλλά παράγονται και καταναλώνονται από μικροοργανισμούς του εδάφους και απομακρύνονται επίσης από τις ρίζες των φυτών.

Το έδαφος είναι ένα πολύπλοκο σύστημα. Ο ρυθμός με τον οποίο τα νιτρικά κινούνται – εκπλύνονται εξαρτάται από την κίνηση του νερού μέσω των ρωγμών και

των αλληλοσυνδεόμενων πόρων, που τροποποιούνται από την καλλιέργεια, την παγωνιά, την άροση των ριζών, τους γαιοσκώληκες και την διόγκωση και συρρίκνωση των αργίλων)

Τα νιτρικά είναι δύσκολο να μετρηθούν κάτω από συνθήκες αγρού, διότι κινούνται - εκπλύνονται και οι απώλειες συνήθως εκτιμώνται έμμεσα (Σιμώνης και Σετάτου, 2008).

### 2.3 Έκπλυση νιτρικών - Απώλειες εδαφικού αζώτου

Στα εδάφη το άζωτο χάνεται με πολλούς τρόπους, όπως επιστροφή στην ατμόσφαιρα ως αέριο καθώς και με έκπλυση του και μεταφορά του στα βαθύτερα στρώματα.

Οι απώλειες αυτές οφείλονται σε :

-Έκλυση των νιτρικών στα υπόγεια ύδατα: Επειδή ότι τα περισσότερα εδάφη έχουν αρνητικό φορτίο στα κολλοειδή τους, τα νιτρικά ιόντα δεν μπορούν να συγκρατηθούν και εύκολα εκπλύνονται και μεταφέρονται στα κατώτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής με το νερό στράγγισης.

-Απονιτροποίηση : η βιοχημική αναγωγή των νιτρικών κάτω από αναερόβιες συνθήκες, συμβάλλει στην απώλεια αζώτου στην ατμόσφαιρα. Οι απώλειες αζώτου με απονιτροποίηση παρατηρούνται με την παρουσία μικροοργανισμών *Pseudomonas*, *Achromobacter* και *Micrococcus* σε pH=4,9-5,6 (απώλεια ως N<sub>2</sub>O) ή pH=7,3-7,9 (N<sub>2</sub>).

-Απώλειες με την μορφή αμμωνίας: παρατηρείται σε αλκαλικά εδάφη. Επίσης παρατηρείται μετά από την επιφανειακή χορήγηση ουρίας ανεξάρτητα από την τιμή του pH του εδάφους.

-Απώλειες με την μορφή νιτρικού οξέος: παρατηρείται σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα αργιλίου και υδρογόνου (όξινα εδάφη).( Μήτσιος , 2004)

## 2.4 Αζωτούχα Λιπάσματα

Με τον όρο λιπάσματα εννοούμε κάθε ουσία που όταν προστίθεται στο έδαφος προσφέρει στα φυτά τα απαραίτητα συστατικά για την ανάπτυξη τους. Διακρίνονται σε οργανικά και ανόργανα. Στην κατηγορία των ανόργανων λιπασμάτων ανήκουν τα αζωτούχα, τα οποία είναι τα άλατα της αμμωνίας που παράγονται από την συνθετική αμμωνία και τα νιτρικά που εν μέρει παράγονται συνθετικά και εν μέρει υπάρχουν ως φυσικά κοιτάσματα. (Π. Καλτσίκης, Κ. Τσιτσιάς, Κ. Χολέβας, Ν. Χουλιάρας. Εδαφολογία και θρέψη φυτών. Β΄ τάξη ΕΠΛ. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.)

Τα κυριότερα αμιγώς αζωτούχα λιπάσματα είναι τα εξής:

-Θειϊκή Αμμωνία  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  : Περιέχει N και S σε ποσοστό 21% και 23,5%, αντίστοιχα. Μειώνει το pH του εδάφους γι'αυτό δεν συνιστάται σε όξινα εδάφη. Μπορεί κανείς να την χειριστεί εύκολα και αποθηκεύεται χωρίς κανένα πρόβλημα.

-Νιτρική Αμμωνία  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ : Είναι λίπασμα επιφανειακό, υδατοδιαλυτό με pH=6,5. Από το 33,5% του N το 50% είναι αμμωνιακό και το 50% νιτρικό. Θεωρείται κατάλληλο για όλα τα εδάφη. Είναι εκρηκτική και άρα επικίνδυνη. Ένας άλλος τύπος νιτρικής αμμωνίας περιέχει 34,5% N από το οποίο το 17,25% είναι νιτρικό και 17,25% είναι αμμωνιακό. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται κυρίως στην παραγωγή εκρηκτικών.

-Ασβεστούχος Νιτρική Αμμωνία: κοκκώδες, επιφανειακό, υδατοδιαλυτό λίπασμα. Κατάλληλο για όλα τα εδάφη και όλες τις καλλιέργειες. Έχει pH=7 και θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλο για όξινα εδάφη. Περιέχει 26% ολικού N από το οποίο το 50% είναι νιτρικό και το άλλο 50% είναι αμμωνιακό.

-Ουρία  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ : περιέχει 46% άζωτο. Είναι λίπασμα στερεό, κοκκώδες και θεωρείται το πυκνότερο αζωτούχο λίπασμα. Στο έδαφος διασπάται υπό την επίδραση της ουρεάσης σε  $\text{CO}_2$  και σε  $\text{NH}_3$ . Η αμμωνία που επελευθερώνεται προσροφάται στα κολλοειδή και στην συνέχεια νιτροποιείται. Με τον τρόπο αυτό γίνεται και η προσληψή της από τα φυτά.

-Ανυδρος αμμωνία: είναι η πλουσιότερη σε άζωτο πηγή καθώς και η φτηνότερη. Είναι αέριο που υγροποιείται εύκολα. Η χορήγηση της στο έδαφος μειώνει το pH του εδάφους.

-Υγρή αμμωνία: Προέρχεται από την διάλυση της αμμωνίας στο νερό και για την αποθήκευση της δεν χρειάζεται δεξαμενή υψηλής πίεσης. Η χορήγηση της στο έδαφος γίνεται χωρίς ειδική συσκευή. (Θεριός, 1996).

-Αζωτούχα λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης: στα περισσότερα αζωτούχα λιπάσματα άζωτο βρίσκεται υπό νιτρική και αμμωνιακή μορφή. Και οι δυο μορφές υπόκεινται σε μεγάλες απώλειες λόγω έκπλυσης και ιδιαίτερα η νιτρική. Για τη μείωση των απωλειών αυτών και για τη δημιουργία μιας διαρκέστερης πηγής παροχής διαθέσιμου αζώτου έχουν παρασκευάσει τα λιπάσματα βραδείας παροχής.

(Tisdale and Nelson, 1966).

## 2.5 Σημεία συσσώρευσης νιτρικών στα φυτά

Οι χώροι αποθήκευσης νιτρικών θεωρείται γενικά ότι βρίσκονται στα χυμοτόπια (Martinoia *et al.*, 1980). Έτσι λοιπόν, τα νιτρικά που δεν χρησιμοποιούνται ως νιτρώδη συσσωρεύονται με το χρόνο στους χώρους αποθήκευσης, ώστε μια μεγάλη αναλογία νιτρικών μπορεί να βρεθεί σε αυτά. Σύμφωνα με τους Grandstedt and Huffaker (1982), χυμοτόπια από φυτά που καλλιεργούνται παρουσία νιτρικών περιέχουν το 58% των ολικών νιτρικών των κυττάρων και αποτελούν αποθήκη συγκέντρωσης νιτρικών.

Σε επίπεδο φυτικών ιστών, τα στελέχη περιέχουν περισσότερα νιτρικά από ότι τα φύλλα και τα φύλλα περισσότερα νιτρικά από ότι τα ανθικά μέρη. Οι δημοσιευμένες μετρήσεις για την περιεκτικότητα νιτρικών στις ρίζες είναι λίγες, και δείχνουν μικρότερη συγκέντρωση νιτρικών στις ρίζες από ότι στα στελέχη κι ακόμη χαμηλότερο από ότι στα φύλλα. Τα χαμηλότερα τμήματα των στελεχών τείνουν να έχουν μεγαλύτερη συσσώρευση νιτρικών από τα ανώτερα τμήματα (Smirnoff and Stewart, 1983).

Από τους Smirnoff and Stewart (1983) βρέθηκε ότι τα γηραιότερα, εξωτερικά φύλλα ζαχαρότευτλων περιείχαν λιγότερο ολικό άζωτο από ότι νιτρικό άζωτο ( $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ), ενώ οι μίσχοι και τα ελάσματα περιείχαν την ίδια συγκέντρωση νιτρικών.



Η συγκέντρωση νιτρικών στα υπέργεια τμήματα πολλών ποωδών φυτών δείχνει ότι η αναγωγή δεν γίνεται στις ρίζες τους. Η επικρατούσα άποψη είναι ότι η αναγωγική δραστηριότητα στα ποώδη φυτικά είδη είναι συγκεντρωμένη στο φωτοσυνθετικό μέρος των φύλλων. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι το ξυλέγχυμα πολλών φυτών περιέχει νιτρικά, και σε μερικά είδη οι συγκεντρώσεις υπερβαίνουν κατά πολύ τα  $250 \text{ mg L}^{-1}$ . Το μεγαλύτερο μέρος αυτών των νιτρικών βρίσκεται στο αγγειακό σύστημα (Smirnoff and Stewart, 1983).

Κατά την διάρκεια της ανάπτυξης, ο βαθμός πρόσληψης νιτρικών ποικίλει δραματικά.

Έχει παρατηρηθεί ότι η πρόσληψη των νιτρικών αυξάνει την ανάπτυξη της βλάστησης και κυρίως κατά το πρώιμο αναπαραγωγικό στάδιο, ενώ μειώνει σε μικρότερο βαθμό την καρπόδεση και την ανάπτυξη του σπόρου. Με την καρπόδεση ο βαθμός πρόσληψης των νιτρικών μπορεί να είναι μικρότερος από το μέσο του μέγιστου βαθμού που παρατηρείται κατά το στάδιο της πλήρους άνθισης (Orsel, 2002). Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι τα νιτρικά αποτελούν τον κύριο τοξικό παράγοντα στα φυλλώδη λαχανικά, κάτω από συνθήκες που ευνοούν την αναγωγή τους σε νιτρώδη. Αυτό συμβαίνει στις ακόλουθες περιπτώσεις:

1. Όταν το μικροβιακό περιβάλλον στο στομάχι των βοοειδών προκαλεί αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη. Η επακόλουθη απορρόφηση του νιτρώδους ιόντος μπορεί να προκαλέσει τοξικότητα στα βοοειδή. Ως εκ τούτου ο κίνδυνος είναι υπαρκτός όταν καταναλώνονται τροφές ή νερό με υψηλή περιεκτικότητα νιτρικών.

2. Όταν η χαμηλότερη οξύτητα του στομάχου σε βρέφη ηλικίας κάτω των 4 μηνών, επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών οι οποίοι ανάγουν τα νιτρικά σε νιτρώδη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η κατανάλωση νερού με υψηλή περιεκτικότητα νιτρικών από βρέφη να αποτελεί έναν πραγματικό κίνδυνο. Πλήθος θανάτων εξαιτίας αυτού έχουν αναφερθεί (Wolff and Wasserman, 1972).

3. Όταν το σπανάκι, επεξεργασμένο ή μη, αποθηκεύεται σε συνθήκες που επιτρέπουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών, οι οποίοι επιφέρουν αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη. Ένας αριθμός περιπτώσεων τοξικότητας σε βρέφη έχουν αναφερθεί από σπανάκι που αφέθηκε σε θερμοκρασία δωματίου για κάποιο χρονικό διάστημα μετά το μαγείρεμα ή μετά το άνοιγμα ενός βάζου παιδικής τροφής. Είναι πιθανό, τέτοια τοξικότητα νιτρώδων να παρατηρηθεί και σε άλλα λαχανικά ή προετοιμασμένες

τροφές με υψηλή περιεκτικότητα νιτρικών αλλά οι περισσότερες περιπτώσεις αφορούν το σπανάκι. (Wolff and Wasserman, 1972).

4. Αναγωγή νιτρικών σε νιτρώδη έχει εμφανιστεί σε υγρή χορτονομή που είχε μεγάλη περιεκτικότητα νιτρικών. Κατανάλωσή της από ζώα οδήγησε στην εμφάνιση τοξικότητας. Επίσης, η απελευθέρωση οξειδίων του αζώτου από αποθηκευμένες προμήθειες ζωοτροφών μπορεί να είναι επικίνδυνη για τον άνθρωπο και τα ζώα.

## 2.6 Νιτρικά και ανθρώπινος οργανισμός

Το 1916 για πρώτη φορά έγινε γνωστό ότι ο ανθρώπινος οργανισμός παράγει νιτρικά. Το 1980 αποδείχθηκε ότι τα νιτρικά προέρχονται, τουλάχιστον εν μέρει, από διεργασίες παραγωγής μονοξειδίου του αζώτου. Και από το 1970 είναι γνωστή η ιδιαίτερη συμπεριφορά των νιτρικών στον ανθρώπινο οργανισμό (Σιμώνης και Σετάτου, 2008).

Συνήθως οι ποσότητες νιτρικών που λαμβάνονται είναι μικρές, και δεν έχουν βλαβερές συνέπειες, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις ή κάτω από ειδικές συνθήκες, τα νιτρικά μπορεί να προκαλέσουν ασθένεια ή ακόμη και θάνατο. Η θανατηφόρος δόση για έναν ενήλικα άνθρωπο κυμαίνεται μεταξύ 15 – 70 mg νιτρικού αζώτου ανά kg βάρους σώματος (Χριστοδούλου, 2003).

Οι πηγές των νιτρικών στον οργανισμό του ανθρώπου είναι δύο:

- Εξωγενής πηγή νιτρικών

Το 80% των νιτρικών στον ανθρώπινο οργανισμό προέρχεται κυρίως από τα λαχανικά ενώ το 2-25% προέρχεται από το πόσιμο νερό. (Σιμώνης and Σετάτου, 2008). Η συγκέντρωση των νιτρικών στο σπανάκι αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας έως τους 25 °C και μειώνεται σε θερμοκρασίες πάνω από τους 25 °C ενώ η μείωση της υγρασίας του εδάφους μειώνει την συσσώρευση των νιτρικών, λόγω της μείωσης της ενεργότητας της νιτρικής ρεδουκτάσης, που παρατηρείται κάτω από τέτοιες συνθήκες (Corre and breimer, 1979).

Ενας άνθρωπος που πίνει νερό με λίγα νιτρικά και δεν καταναλώνει λαχανικά, θα έχει μια πρόσληψη περίπου 20 - 25 mg  $\text{NO}_3^-$  / ημέρα. Ενώ, οι χορτοφάγοι μπορούν να έχουν μια πρόσληψη 280 mg  $\text{NO}_3^-$  / ημέρα, ποσότητα που υπερβαίνει την αποδεκτή ημερήσια πρόσληψη των 3.65 mg  $\text{NO}_3^-$  / kg βάρους ανθρώπου.

- Ενδογενής πηγή νιτρικών

Ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί και παράγει νιτρικά. Η διεργασία – κλειδί είναι η παραγωγή μονοξειδίου του αζώτου από τα ενδοθηλιακά κύτταρα που επιστρώνουν την εσωτερική επιφάνεια των αγγείων – αρτηριών (Σιμώνης και Σετάτου, 2008).

Σύμφωνα με τον Σιμώνη (1991), η συγκέντρωση νιτρικών είναι μεγαλύτερη στους βλαστούς και στα φύλλα παρά στους καρπούς, έτσι έχουμε μεγαλύτερη συσσώρευση στα φυλλώδη λαχανικά παρά στα αγγούρια και στις τομάτες που το προϊόν είναι ο καρπός.

**Πίνακας 2.1** Περιεκτικότητα νιτρικών σε διάφορα φυτικά είδη (Σιμώνης, 1991)

Είδος φυτού	NO <sub>3</sub> ppm νωπού βάρους
Αραβόσιτος	45
Τομάτα	62
Κουνουπίδι	547
Λάχανο	635
Μαρούλι	850
Σπανάκι	1860
Σέλινο	2340
Παντζάρι	2760

**Πίνακας 2.2** Ταξινόμηση λαχανικών σύμφωνα με την συσσωρευτική τους ικανότητα σε νιτρικά (Σιμώνης, 1991)

Περιεκτικότητα	Λαχανικά
<200 mg kg <sup>-1</sup>	Πατάτες, λαχανάκι βρυξελλών, τομάτες, πιπεριές, μανιτάρια, αρακάς, φασόλια
<500 mg kg <sup>-1</sup>	Μελιτζάνες, μπρόκολα, πεπόνια, αγγούρια, κουνουπίδια, όσπρια, κρεμμύδια
<1000 mg kg <sup>-1</sup>	Άσπρα και κόκκινα λάχανα, καρότα, κολοκυθάκια, κάρδαμο, μαρούλι
<2500 mg kg <sup>-1</sup>	Ραδίκια, μαιντανός, πράσσα
>2500 mg kg <sup>-1</sup>	Σέλινο, σπανάκι, ραπανάκια, παντζάρια, άνηθος

Τα νιτρικά στο πόσιμο νερό και τα λαχανικά προκάλεσαν δύο σοβαρές ανησυχίες για την υγεία του ανθρώπου :

Νεογνική μεθαιμοσφαιριναιμία – μια ασθένεια που παρατηρείται σε βρέφη μικρότερα του ενός έτους και οφείλεται στο μονοξείδιο του αζώτου, που μετατρέπει την αιμοσφαιρίνη του αίματος σε μεθαιμοσφαιρίνη, με αποτέλεσμα αυτή να μη μπορεί να δεσμεύει το οξυγόνο (Knobeloch *et al.*, 2000).

Γαστρο-εντερικά νεοπλάσματα. Η χρόνια έκθεση του οργανισμού σε υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών θεωρείται ως πιθανό αίτιο του γαστρο-εντερικού καρκίνου. Τα νιτρώδη που παράγονται από τα νιτρικά, είναι δυνατόν να αντιδράσουν στο στομάχι με μια δευτεροταγή αμίνη και να σχηματίσουν N-νιτρωζαμίνες που είναι δυναμικά καρκινογόνες. (Duncan, 1997).

Στην εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης δημοσιεύθηκε ο νέος κανονισμός που καθορίζει τα νέα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα νιτρικών σε λαχανικά και άλλα τρόφιμα. Ο κανονισμός αφορά σπανάκια, μαρούλια, ρόκα και μεταποιημένα τρόφιμα με βάση τα δημητριακά και παιδικές τροφές για βρέφη και μικρά παιδιά.

Σύμφωνα με όσα αναφέρει ο κανονισμός για τα παραπάνω λαχανικά υπάρχουν νεότερες επιστημονικές εκτιμήσεις από την Ευρωπαϊκή Αρχή για τη Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) και κρίθηκε σκόπιμη η επικαιροποίηση τους, με τον κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 1258/2011 που δημοσιεύθηκε στο τεύχος L 320/15 της Επίσημης Εφημερίδας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στις 3 Δεκεμβρίου.

Τα μέγιστα επίπεδα σε mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ανά kg διαμορφώνονται ως εξής:

- Νωπό σπανάκι (*Spinacia oleracea*): 3 500
- Σπανάκι συντηρημένο, βαθιάς κατάψυξης ή κατεψυγμένο: 2 000

Νωπά μαρούλια (*Lactuca sativa* L.) (μαρούλια προστατευόμενης και υπαίθριας καλλιέργειας)

Συγκομιδή από την 1η Οκτωβρίου έως τις 31 Μαρτίου:

- μαρούλια που καλλιεργήθηκαν σε εγκατάσταση υπό κάλυψη: 5.000
- μαρούλια που καλλιεργήθηκαν στην ύπαιθρο: 4.000

Συγκομιδή από την 1η Απριλίου έως τις 30 Σεπτεμβρίου:

- μαρούλια που καλλιεργήθηκαν σε εγκατάσταση υπό κάλυψη: 4.000
- μαρούλια που καλλιεργήθηκαν στην ύπαιθρο: 3.000

Μαρούλια τύπου “Iceberg”

- Μαρούλια που καλλιεργήθηκαν σε εγκατάσταση υπό κάλυψη: 2.500
- Μαρούλια που καλλιεργήθηκαν στην ύπαιθρο: 2.000

Ρόκα (*Eruca sativa*, *Diplotaxis* sp, *Brassica tenuifolia*, *Sisymbrium tenuifolium*)

- Συγκομιδή από την 1η Οκτωβρίου έως τις 31 Μαρτίου: 8.000
- Συγκομιδή από την 1η Απριλίου έως τις 30 Σεπτεμβρίου: 6.000

Μεταποιημένα τρόφιμα με βάση τα δημητριακά και παιδικές τροφές για βρέφη και μικρά παιδιά: 200.

Όσον αφορά το πόσιμο νερό, το νερό των πηγαδιών περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών τα οποία προέρχονται από διάφορες πηγές, περιλαμβανομένων των κατακρημνισμάτων, του εδάφους και των πετρωμάτων, της χρήσης λιπασμάτων στη γεωργία, τη δράση των μικροοργανισμών και την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας. Οι Smirnoff and Stewart, 1983 αναφέρουν ότι η συγκέντρωση νιτρικών είναι υψηλότερη σε ρηχά πηγάδια με ανεπαρκή κάλυψη, από ότι βαθύτερα ενώ παρατηρείται και διακύμανση της συγκέντρωσης από ημέρα σε ημέρα.

Για να είναι ασφαλές το νερό για κατανάλωση, η περιεκτικότητα σε νιτρικά δεν πρέπει να ξεπερνά τα  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  εκφρασμένο ως νιτρικό άζωτο (Wolff and Wasserman, 1972). Δεν είναι λίγες οι φορές που η περιεκτικότητα νιτρικών στο νερό πηγαδιών ξεπερνά αυτό το ποσό, γεγονός που αποτελεί κίνδυνο η κατανάλωση του. Η συνήθης πρόσληψη νιτρικών ενός ενήλικα είναι μικρότερη από την κατανάλωση νερού από ότι από την κατανάλωση λαχανικών ή προϊόντων κρέατος σε συνήθεις ποσότητες.

Το άζωτο αποβάλλεται από τον οργανισμό:

(α) με τον ιδρώτα, την αποκοπή τριχών και ονύχων και με την απόπτωση των επιφανειακών κυττάρων της επιδερμίδας (περίπου  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  σωματικού βάρους / 24ωρο),

(β) με τα κόπρανα (περί τα  $10 - 20 \text{ mg kg}^{-1}$  σωματικού βάρους / 24ωρο) και

(γ) με τα ούρα (ουρία, ουρικό οξύ, κρεατινίνη κλπ). Το άζωτο τούτο, με συνήθη διατροφή κυμαίνεται περίπου στα  $120 \text{ mg kg}^{-1} / 24\omega\text{ρο}$  (Χατζημηνά, 1979).

## 2.7 Αμμωνιακά

Τα αμμωνιακά είναι θετικά φορτισμένα με αποτέλεσμα να έλκονται από τα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια του εδάφους (άργιλος) με αποτέλεσμα να έχουν μεγάλη διάρκεια δράσης και να μεταφέρονται εύκολα στα υπόγεια ύδατα.

Υπάρχουν δύο είδη βακτηρίων, τα *Nitrosomonas* και *Nitrobacter* τα οποία τρέφονται με αμμωνιακό άζωτο και το μετατρέπουν σε νιτρικό. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται νιτροποίηση. Το άριστο περιβάλλον για αυτό είναι  $\text{pH} = 5.5-8.8$ . Όταν το έδαφος έχει  $\text{pH}$  έξω από αυτή τη περιοχή η διαδικασία της νιτροποίησης είναι αργή. Σε εδάφη με  $\text{pH}$  πάνω από 8, το αμμωνιακό άζωτο μετατρέπεται σε αμμωνία η οποία δεν μπορεί να απορροφηθεί από τα φυτά. Σε  $\text{pH}$  8 και 10 η ποσότητα της αμμωνίας είναι 10 και 100 φορές μεγαλύτερη από ότι σε  $\text{pH} = 7$ , αντίστοιχα. (Μήτσιος, 2004; Langwaldt, 2008)

Τα τελευταία χρόνια η αλόγιστη χρήση των αμμωνιακών λιπασμάτων οδήγησε στην ρύπανση των εδαφών και κατά επέκταση των υπόγειων και επιφανειακών νερών από αμμωνιακά. Ιδιαίτερη σημασία έχει αποδοθεί στην αυξημένη συγκέντρωση αμμωνιακών στα υπόγεια νερά και στο πόσιμο νερό σε πολλές περιοχές του πλανήτη. Πολλές μέθοδοι απομάκρυνσης των αμμωνιακών ιόντων από τα νερά έχουν μελετηθεί (Rozic *et al.*, 2000).

Όταν το έδαφος περιέχει ορυκτά της αργίλου δεσμεύει σημαντικές ποσότητες αμμωνιακών ιόντων. Η διαδικασία αυτή της δέσμευσης περιλαμβάνει στην αρχή μια αντίδραση εναλλαγής κατά την οποία ιόντα  $\text{NH}_4^+$  αντικαθιστούν άλλα κατιόντα όπως  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  και  $\text{H}^+$  που βρίσκονται στους διαστιβαδικούς χώρους του εκτατού πλέγματος ορυκτών της αργίλου. Το  $\text{NH}_4^+$  ιόν έχει μικρή ιονική ακτίνα και μικρό ενυδάτωμα με αποτέλεσμα να εισέρχεται και να σταθεροποιείται στις κοιλότητες που υπάρχουν. Η σταθεροποίηση αυτή γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε το κρυσταλλικό πλέγμα των ορυκτών αυτών να συρρικνώνεται και να παγιδεύει τα αμμωνιακά ιόντα μεταξύ των διαστιβαδικών χώρων (Αλιφραγκής, 2008).

Η διαδικασία αυτή της δέσμευσης του αμμωνιακού ιόντος από τα ορυκτά της αργίλου είναι ζωτικής σημασίας για τον κύκλο του αζώτου. Ως δε δεσμευμένο  $\text{NH}_4^+$  ιόν θεωρείται εκείνο το οποίο συγκρατείται από τα ορυκτά της αργίλου σε μορφή

τέτοια ώστε να μην είναι ούτε ελεύθερο ούτε ευκόλως ανταλλάξιμο, με αποτέλεσμα να μειώνεται η διαθεσιμότητα του για τα φυτά και τους μικροοργανισμούς. Η διαδικασία αυτή της δέσμευσης είναι ιδιαίτερα σημαντική, γιατί έλλειψη του ιόντος αυτού αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των φυτών. Η δέσμευση αυτή του  $\text{NH}_4^+$  από τα ορυκτά της αργίλου περιορίζει την έκλυση του αζώτου, την αναγωγή του σε μοριακό άζωτο καθώς και την απονιτροποίηση του. Η έκλυση που παρατηρείται όταν το  $\text{NH}_4^+$  οξειδωθεί προς  $\text{NO}_3^-$  είναι ένας δυναμικός παράγοντας ρύπανσης των υπόγειων υδάτων. Οι Beaten και Allen (1978) ισχυρίζονται ότι το μη ανταλλάξιμο αμμωνιακό ιόν είναι πολύ σημαντικό στην κατανομή του διαθέσιμου για τα φυτά αζώτου, γιατί αυτό απελευθερώνεται σιγά-σιγά και με αυτόν τον τρόπο γίνεται διαθέσιμο στα φυτά (Αλιφραγκής, 2008).

## 2.8 Διαφορές νιτρικών – αμμωνιακών

Οι διαφορές μεταξύ  $\text{NH}_4^+$  και  $\text{NO}_3^-$  (Hageman, 1984) είναι οι παρακάτω:

- Το  $\text{NH}_4^+$  είναι κατιόν ενώ το  $\text{NO}_3^-$  είναι ανιόν και σε ένα αρνητικά φορτισμένο πορώδες (π.χ. έδαφος) το  $\text{NH}_4^+$  δεσμεύεται ενώ το  $\text{NO}_3^-$  παραμένει σε διάλυση. Επομένως, το  $\text{NO}_3^-$  μπορεί να μετακινηθεί μέσα στο εδαφικό διάλυμα προς το ριζικό σύστημα ή να εκπλυθεί από το έδαφος.
- Όταν το αμμωνιακό άζωτο προσλαμβάνεται σε βάρος ανιόντων από τα φυτά, το έδαφος τείνει να γίνει όξινο ενώ η απορρόφηση των νιτρικών έχει αντίθετο αποτέλεσμα στο έδαφος.
- Σε καλώς αεριζόμενα εδάφη, όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από τους 5 °C, και το pH μεγαλύτερο από 5.5 το  $\text{NH}_4^+$  μετατρέπεται από τους μικροοργανισμούς (Nitrobacteriaceae) σε  $\text{NO}_3^-$  μέσα σε μερικές εβδομάδες.
- Το  $\text{NH}_4^+$  μπορεί να αντικατασταθεί από άλλα κατιόντα που είναι δεσμευμένα με αρνητικά φορτισμένα εδαφικά τεμαχίδια, επομένως επιδρά στη διαθεσιμότητα τους.

– ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ –

*Ξενογλώσση*

- Corre, J.W. and Breimer T., 1979. Nitrate and nitrite in vegetables. Literature Survey 39 PUDOC Wageningen.
- Curtis, I.S., Power J.B., de Laat, A.M.M., Caboche, M. and Davey, M.R., 1999. Expression of a chimeric nitrate reductase gene in transgenic lettuce reduces nitrate in leaves. *Plant Cell Reports* 18: 889 - 896.
- Duncan, C., Li, H., Dykhuizen, R., Frazen, R., Johnston, P., Macnight, G., Smith, L., Lamza, K., McKenzie, H., Batt, L., Kelly, D., Golden, M., Benjamin, N. and Leifert, C., 1998. Protection against oral and gastrointestinal diseases: Importance of dietary nitrate intake, oral nitrate reduction and enterosalivary nitrate circulation. *Comparative Biochemistry Physiology* 118A: 939 - 948.
- Frederick, R. Tr, and Thompson, L. M., 2005. *Soils and Soil Fertility*, Sixth Edition.
- Granstedt R. C. and Huffaker R. C., 1982. Identification on the leaf vacuole as a major Nitrate storage pool. *Plant physiology* 70: 410 - 413.
- Hageman R., 1984. Ammonium versus nitrate nutrition of higher plants. In: *Nitrogen in agriculture soils*. Agron. N. 22. American Society Of Agronomy, madison, Wisconsin, USA. pp 365 - 413.
- Martinoia, E., Heck, U. and Wiemken, A. , 1980. Vacuoles as storage compartments for nitrate in barley leaves . *Nature (Lond)* 289: 292-293
- Knobeloch, L., Salna, B., Hogan, A., Postle, J. and Anderson, H., 2000. Blue babies and nitrate – contaminated well water. *Environmental Health Perspectives* 108: 675 - 678.
- Langwaldt, J., 2008. Ammonium removal from water by eight natural zeolites: A comparative study. *Separation Science and Technology* 43: 2166 - 2182.
- Orsel, M., Filleur, S., Vincent Fraasier V. and Franc, oise Daniel-Vedele, F., 2002. Nitrate transport in plants: which gene and which control? *Journal of Experimental Botany*. Vol. 53, No. 370, Inorganic Nitrogen Assimilation Special Issue pp. 825 - 833.
- Rozic, M., Cerjan-Stefanovic, S., kurajica, S., Vancina, V., and Hodzic, E., 2000. Ammoniacal nitrogen removal from water by treatment with clays and zeolites. *Water Research* 34: 3675 - 3681.
- Smirnov, N. and Stewart, G. R., 1983. Nitrate assimilation and translocation by higher plants: Comparative physiology and ecological consequences. *Plant physiology* 64: 133 - 140.
- Tisdale and Nelson, 1966. *Soil Fertility and Fertilizers*, Second Edition 1966
- Wolff I.A., Wasserman A.E., 1972. Nitrates, Nitrites and Nitrosamines. *Science*. 177: 15 – 19.



### *Ελληνική*

- Αλιφραγκής, Δ.Α., 2008. Το έδαφος, Γένεση – Ιδιότητες – Ταξινόμηση, Τόμος Ι. Εκδόσεις Αιβάζη, Θεσσαλονίκη.
- Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2011. Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 1258/2011 της επιτροπής της 2ας Δεκεμβρίου 2011 σχετικά με την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1881/2006 όσον αφορά τον καθορισμό μέγιστων επιτρεπτών επιπέδων για τα νιτρικά σε τρόφιμα.
- Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 1998. Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της 3ης Νοεμβρίου 1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.
- Ι. Ν. Θεριός, 1996. Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα, 1<sup>η</sup> Έκδοση.  
Π. Καλτσίκης, Κ. Τσιτσιάς, Κ. Χολέβας, Ν. Χουλιάρας. Εδαφολογία και θρέψη φυτών. Β΄ τάξη ΕΠΛ. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- Μήτσιος, Ι.Κ., 2004. Θρεπτικά Στοιχεία και Γονιμότητα Εδάφους. Μέθοδοι και Εφαρμογές. Βόλος. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.
- Ο κύκλος του αζώτου (Frederick R. Troeh, Louis M. Thompson. Soils and Soil Fertility)
- Σιμώνης Α. και Σετάτου Ε., 2008. Θρεπτικά: Γεωργία-Περιβάλλον-Ποιότητα. Νιτρικά και Υγεία. Ο πρωταγωνιστικός ρόλος του αζώτου στη ζωή μας.
- Σιμώνης Α.Δ., 1991. Επιπτώσεις της λίπανσης στα ζώα και στον άνθρωπο. Πρακτικά διημερίδας. «Λιπάσματα-Γεωργία-Περιβάλλον». Βέροια, 1991.
- Τσαπικούνης Φ. 1998. Θρέψη – Λίπανση των Φυτών. ΜΕΡΟΣ Β΄. Αθήνα, Εκδόσεις Α. Σταμούλη, σελ. 246
- Χατζημηνά Ι.Σ., 1979. Επίτομος Φυσιολογία, Αθήνα, Επιστημονικές Εκδόσεις Γρηγόριος Κ. Παρισιάνος.
- Χριστοδούλου, Χ., 2003. Παρακολούθηση επιπέδων συγκέντρωσης νιτρικών σε μαρούλι «σαλάτα» που παράγεται σε υδροπονική καλλιέργεια στην περιοχή Αχαρνών Αττικής. Πτυχιακή διατριβή. ΑΤΕΙ Κρήτης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

#### 3.1 Βλίτο τραχύ (*Amaranthus retroflexus L.*)

Το τραχύ βλίτο είναι ετήσιο, εαρινό, δικοτυλήδονο φυτό όρθιας έκφυσης και φθάνει μέχρι το ύψος των 100 cm. Αναπαράγεται με σπόρους και φυτρώνει κυρίως τους μήνες Απρίλιο και Μάιο. Το νεαρό σπορόφυτο έχει ωοειδές έως επιμήκεις, έμμισχες κοτυληδόνες, χωρίς τρίχες, πράσινου χρώματος που κοκκινίζουν στην κάτω επιφάνεια. Η υποκοτύλη έχει ερυθρό χρώμα και δεν έχει τρίχες. Ο βλαστός του ζιζανίου αυτού έχει όρθια έκπτυξη, σχήμα κυλινδρικό, χρώμα πράσινο και τρίχες στην επιφάνεια του. Το ύψος του κυμαίνεται από 20 έως 100 cm. Τα φύλλα του βλίτου είναι ωοειδή με κυματοειδή περιφέρεια, είναι ωχροπράσινα και τα ευδιάκριτα νεύρα προσδίδουν στο ζιζάνιο τραχιά υφή. Επιπλέον, τα φύλλα του είναι έμμισχα και εναλλασσόμενα, χωρίς τρίχες και σχηματίζουν κοιλότητα στη κορυφή, μέσα στην οποία σχηματίζεται αγκάθι ως απόληξη της μεσαίας νεύρωσης. Η ταξιανθία είναι σταχυόμορφη, συμπαγής με πρασινωπό χρώμα και ανθοφορεί τους μήνες Ιούλιο έως Σεπτέμβριο. Ο καρπός είναι κάψα που φέρει εγκάρσια σχισμή. Κάθε φυτό βλίτου μπορεί να παράγει έως 200.000 σπόρους. Οι σπόροι είναι μαύροι, σφαιροειδείς, πεπλατυσμένοι και λείοι. Η ρίζα είναι πασσαλώδης, ενώ το φυτό προτιμά πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία εδάφη και περιοχές με θερμό κλίμα (Βασιλάκογλου, 2004).

Οι σπόροι του ζιζανίου αυτού όταν ωριμάσουν πέφτουν γύρω από το φυτό, από αυτούς όμως τους σπόρους που θα φτάσουν στο έδαφος ελάχιστοι μπορούν να βλαστήσουν. Ομαδικό φύτεωμα αυτών συμβαίνει κατά τη διάρκεια του επόμενου έτους, συνήθως από βάθος 1-2 εκατ. Η ζωτικότητα των σπόρων είναι σχετικά υψηλή, μπορούν να διατηρήσουν την βλαστικότητα τους για 1-10 χρόνια στο έδαφος, αν και οι περισσότεροι από αυτούς βλαστάνουν κατά τη διάρκεια του πρώτων τριών χρόνων.

Όσον αφορά τον έλεγχο του ζιζανίου, για να είναι επιτυχής πρέπει να εφαρμοστούν προληπτικά και άμεσα μέτρα. Είναι πολύ σημαντικό να αποτραπεί η διάδοση των σπόρων με τη χρήση κοπριάς ελεύθερης σπόρων, επίσης πρέπει να γίνεται σωστή αμειψισπορά. Το σκαλιστήρι, το σκάλισμα με τσάπα και η εφαρμογή καλλιεργειών μεταξύ των σειρών είναι τα αποτελεσματικότερα άμεσα μέτρα. Για τον επιτυχή έλεγχο αυτού του επικίνδυνου ζιζανίου στα αγροκτήματα που παράγουν

λαχανοκομικά είδη, είναι πολύ σημαντικό να χρησιμοποιηθούν ζιζανιοκτόνα με μακράς διάρκειας υπολειμματική δράση στο έδαφος.

Το τραχύ βλίτο με τη μεγάλη φυτική του μάζα μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της πιπεριάς, γι' αυτό είναι επικίνδυνο ζιζάνιο στην καλλιέργεια της πιπεριάς. Η συνεχής εξάπλωση αυτού του ζιζανίου είναι που το κάνει να είναι επικίνδυνο ζιζάνιο. Η καλύτερη αγροτεχνική μέθοδος είναι η αποφυγή των σοβαρά μολυσμένων αγρών. Εάν αυτό δεν είναι δυνατό, το βαθύτερο όργωμα μπορεί να έχει καλή επίδραση στην καταπολέμηση του ζιζανίου.

Η αποφυγή υψηλής συγκέντρωσης αζώτου στο έδαφος είναι αποτελεσματική επίσης, γιατί το μέγεθος των ζιζανίων δεν μπορεί να γίνει επικίνδυνο μεγάλο.

Το συνεχές όργωμα μεταξύ των σειρών είναι σημαντικό κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου της καλλιέργειας.

Ο χημικός έλεγχος είναι σημαντικός, γιατί μόνο οι άλλοι τρόποι σπάνια ελέγχουν πλήρως αυτό το είδος ζιζανίου. Επειδή το τραχύ βλίτο αναπτύσσει πολύ γρήγορα ανθεκτικότητα ενάντια στα ζιζανιοκτόνα, η χρήση ζιζανιοκτόνων και η αμειψισπορά πρέπει να εφαρμόζονται προσεκτικά. Η πιπεριά πρέπει να σπέρνεται το λιγότερο για 4 συνεχή έτη γιατί η χρήση των ζιζανιοκτόνων νιτροανιλίνης (με δραστικές ουσίες pendimethaline, trifluraline) παρουσιάζει μειωμένη δράση στα ζιζάνια

## **3.2 Σιτάρι (*Triticum durum*)**

### **3.2.1 Εισαγωγή**

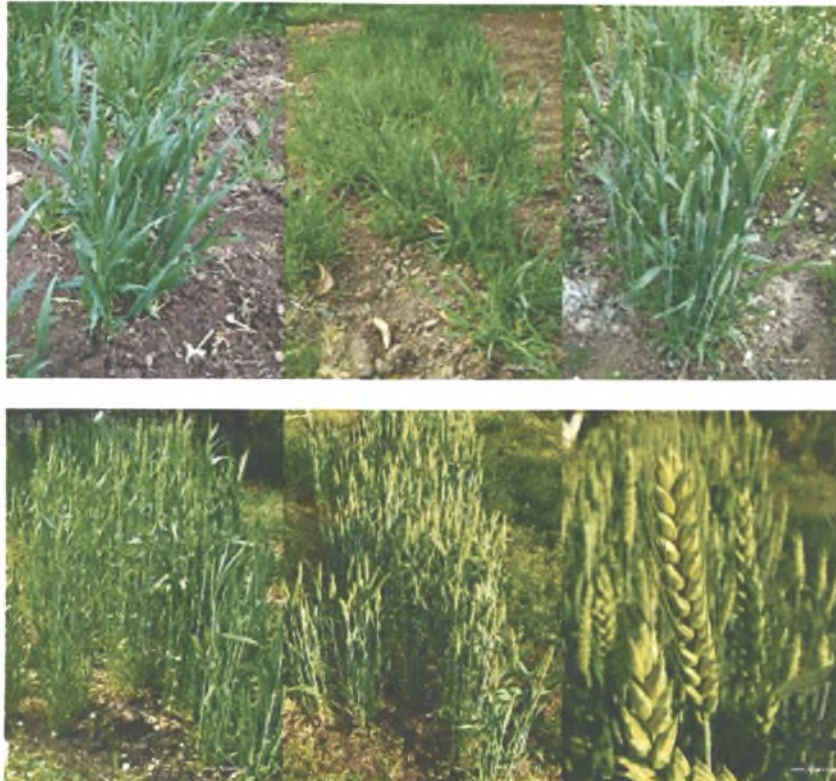
Το σιτάρι (*Triticum spp*), είναι ένα φυτό που καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο. Είναι το δεύτερο παγκοσμίως σε συγκομιδή δημητριακό, μετά τον αραβόσιτο, με τρίτο το ρύζι. Ο καρπός του σίτου είναι μια βασική τροφή, που χρησιμοποιείται στην παρασκευή αλευριού, ζωοτροφών και ως πρώτη ύλη στην παρασκευή αλκοολούχων ποτών και καυσίμων. Ο φλοιός του μπορεί να αποσπαστεί από τον καρπό και να αλεστεί, δίνοντας το λεγόμενο πίτουρο. Ο σίτος καλλιεργείται επίσης για τη βοσκή των ζώων, καθώς και για το άχυρο, τον κορμό του φυτού, που χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή ή υλικό κατασκευών. Το σιτάρι, όπως και τα άλλα δημητριακά, η βρώμη, η σίκαλη, το κριθάρι, περιέχουν μία πρωτεΐνη, τη γλουτένη, στην οποία πολλοί άνθρωποι είναι δυσανεκτικοί (αλλεργικοί κατά κάποιο τρόπο), εκδηλώνοντας τη λεγόμενη κοιλιοκάκη, ένα είδος εντεροπάθειας.

Ένα από τα σπουδαιότερα σιτηρά είναι το σιτάρι. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται δύο είδη. Το *Triticum durum* ή σκληρό σιτάρι που χρησιμοποιείται στη μακαρονοποιία και το *Triticum aestivum* ή μαλακό σιτάρι που χρησιμοποιείται για την παρασκευή ψωμιού.

### 3.2.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Το σιτάρι έχει θυσανώδες ριζικό σύστημα, αποτελούμενο από έναν αριθμό ισοδιαμετρικών ριζών που ξεκινούν από το ίδιο περίπου σημείο του φυτού σε μικρό βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Οι ρίζες αυτές είναι δύο ειδών: οι εμβρυακές και οι μόνιμες. Οι εμβρυακές ρίζες έχουν τις καταβολές τους στο έμβρυο. Στο σιτάρι αναπτύσσονται 5-6 ρίζες, οι οποίες άλλοτε είναι πρόσκαιρες και άλλοτε διατηρούνται ενεργές σε όλη τη διάρκεια της ζωής του φυτού. Είναι λεπτές, έχουν ομοιόμορφη διάμετρο και η ανάπτυξή τους είναι ταχύτατη κάτω από ευνοϊκές συνθήκες. Οι μόνιμες ρίζες βγαίνουν αργότερα, από ένα κόμβο του στελέχους που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Οι ρίζες αυτές είναι παχύτερες, σκληρότερες και ισχυρότερες σε σύγκριση με τις εμβρυακές. Εμφανίζονται στην αρχή οριζόντια, συνήθως μέχρι και 15 εκατοστά, και στη συνέχεια στρέφουν προς τα κάτω και στερεώνουν το φυτό σταθερά στο έδαφος. Ο βλαστός ή το στέλεχος του σιταριού αποτελείται από ένα κυκλικό σωλήνα, κενό στο εσωτερικό του και με κατά διαστήματα συμπαγή κατασκευή, τα γόνατα ή κόμβους. Τα γόνατα βοηθούν στη διατήρηση της όρθιας θέσης των φυτών καθώς και στην επαναπόκτηση αυτής της θέσης αν τη χάσουν μετά από πλάγιασμα. Το ύψος του στελέχους των χειμερινών σιτηρών κυμαίνεται, στα διάφορα είδη και ποικιλίες, συνήθως 0,60-1,50 μ.

Το σιτάρι έχει ταξιανθία στάχυ. Αποτελείται από ένα κύριο αρθρωτό άξονα (τη ράχη), που έχει εναλλάξ μικρούς ποδίσκους (ραχίδια), οι οποίοι φέρουν τα σταχύδια. Κάθε σταχύδιο περιβάλλεται από δύο βράκτια φύλλα που ονομάζονται εξωτερικά λέπυρα, σε αντιδιαστολή προς τα εσωτερικά λέπυρα που περιβάλλουν κάθε άνθος. Στον καρπό, το ενδοσπέρμιο συμφύεται με το περικάρπιο. Το ενδοσπέρμιο αποτελείται από μεγάλα παρεγχυματικά κύτταρα, γεμάτα με αμυλόκοκκους, εκτός από το εξωτερικό στρώμα όπου αφθονούν οι αλευρόκοκκοι. Αλευρόκοκκοι βρίσκονται και στο εσωτερικό του ενδοσπερμίου αλλά σε μικρότερη αναλογία.



Εικόνα 3.1 Σταδια ανάπτυξης σίτου

### 3.2.3 Οικολογικές απαιτήσεις – κλίμα

Το σιτάρι δεν ευδοκμεί στα θερμά ή υγρά κλίματα εκτός εάν διαθέτουν μια περίοδο σχετικά δροσερή που να ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών και να επιβραδύνει τη δράση των παρασιτικών ασθeneιών. Η κύρια καλλιέργεια του σιταριού βρίσκεται στην Εύκρατη ζώνη. Στην τροπική ζώνη μπορεί να καλλιεργηθεί μόνο σε μεγάλα υψόμετρα, στα δε βόρεια πλάτη ως εαρινή καλλιέργεια. Τη μεγαλύτερη αντοχή στο ψύχος έχει το μαλακό σιτάρι, που είναι και πιο διαδεδομένο. Τα σκληρά σιτάρια καλλιεργούνται σχεδόν αποκλειστικά την άνοιξη στις ψυχρές περιοχές (Σφήκας, 1995). Το σκληρό σιτάρι καλλιεργείται κυρίως στις παραμεσόγειες χώρες, όπου φαίνεται να προσαρμόζεται στο ξηροθερμικό των περιβάλλον. Η άριστη θερμοκρασία βλαστήσεως του σίτου είναι 20-22°C, η ελάχιστη 3-4°C και η μέγιστη 35°C. Στις υψηλές θερμοκρασίες το ενδοσπέρμιο υφίσταται αποσύνθεση από μικροβιακή δράση και το έμβρυο πεθαίνει (Σφήκας, 1995). Οι εαρινές ποικιλίες αντέχουν στο ψύχος μέχρι -10°C, οι χειμερινές ως -20°C ή μετά από σκληραγώγηση ως -30°C και κάτω από χιόνι ως -40°C. Κυρίως ενδιαφέρει η θερμοκρασία στο βάθος του 1-3 cm όπου βρίσκεται ο σταυρός, στον οποίο η ζημιά έχει τις σοβαρότερες επιπτώσεις. Άριστη θερμοκρασία για το αδέλωμα είναι η 14-18°C και για τη φωτοσύνθεση γύρω στους

22°C.(Σφήκας,1995)

Το σιτάρι καλλιεργείται παγκοσμίως σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 270 έως 1750 mm αλλά συνήθως (στο 75% της συνολικής έκτασης) σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση είναι 375-775 mm H<sub>2</sub>O (ημίξερες μέχρι ύφυγρες περιοχές) (Peterson, 1965).

#### 3.2.4 Εδαφικές απαιτήσεις

Αν και καλλιεργείται σε ποικιλία εδαφών (από αμμώδη μέχρι βαρεία αργιλλώδη), το σιτάρι ευδοκimei κυρίως σε εδάφη μέσης σύστασης μέχρι βαρεία (αμμοπηλώδη, πηλώδη, αργιλλώδη), βαθεία και καλά στραγγιζόμενα. Δεν ευδοκimei σε εδάφη με υψηλό υδατικό ορίζοντα. Εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία δημιουργούν προδιάθεση για πλάγιασμα.(Καραμάνος, 1992)Οι μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται στα γόνιμα ιλοπηλώδη ή αργιλλοπηλώδη εδάφη, με επαρκή υγρασία και ελεύθερα ζιζανίων. Τα πολύ αμμώδη και τα κακώς στραγγιζόμενα δίνουν μικρές αποδόσεις. Ακατάλληλα για τη σιτοκαλλιέργεια είναι τα όξινα και τα ισχυρώς εκπλυθέντα εδάφη. Ως προς την υφή του εδάφους, ο σπουδαιότερος ρόλος της, που επηρεάζει τις αποδόσεις του σιταριού, είναι η συγκράτηση της υγρασίας, ιδίως κατά την περίοδο των αυξημένων αναγκών των φυτών. (Σφήκας, 1995). Η αποδοτικότητα του σιταριού αυξάνεται από 1000 σε 3000 kg/ha καθώς αυξάνεται το διαθέσιμο νερό στην καλλιέργεια από 220 σε 440 mm. Στις ημίξερες περιοχές η αγρανάπαυση θεωρείται απαραίτητη πρακτική για την αύξηση του αποθηκευμένου στο έδαφος νερού. (Good and Smika, 1978) Η απόδοση του σιταριού σχετίζεται θετικά και γραμμικά με το νερό του εδάφους που βρίσκεται ως απόθεμα για την καλλιέργεια και αυτή η σχέση είναι πιο σημαντική από τη σχέση με το εποχιακό νερό που χρησιμοποιείται από την καλλιέργεια (Musick *et al.*, 1994).

#### 3.2.5 Λίπανση

Το αποτέλεσμα της δράσης του αζώτου επί των στρεμματικών αποδόσεων δεν εξαρτάται μόνο από την ποσότητα που θα χορηγηθεί (10-14 μονάδες Αζώτου / στρ.) αλλά και από την τεχνική χορήγησης (σχέση φθινοπωρινού προς εαρινό Αζωτο), δηλαδή από την επάρκεια Αζώτου μέχρι αργά, αφού το σιτάρι εξακολουθεί να προσλαμβάνει Αζωτο μέχρι την ωρίμανση.

Μεταξύ της 110ης και της 115ης ημέρας από τη σπορά είναι για το σιτάρι η περίοδος εντατικής πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων Αζώτου, Φωσφόρου, Καλίου (Για σιτάρι που σπάρθηκε τέλος Νοέμβριου, η περίοδος αυτή περιλαμβάνεται Μεταξύ 20 Μαρτίου και 5 Μαΐου). Για την πραγματοποίηση μιας παραγωγής 580 kg /στρ. σκληρού σταριού είναι αναγκαίες .14.5 μονάδες Αζώτου, 3.5 μονάδες Φωσφόρου και 13 μονάδες Καλίου.

Επειδή το μεγαλύτερο ποσοστό του Καλίου συγκεντρώνεται στο άχυρο δεν παρατηρείται μείωση της καλιογονιμότητας όταν αυτό δεν απομακρύνεται από το χωράφι.

Οι ισχυρές αζωτούχες λιπάνσεις το Φθινόπωρο με κοινά λιπάσματα υποβοηθούν την υπερβολική βλάστηση καθώς και την ανάπτυξη των ζιζάνιων. Έτσι προκαλούνται απώλειες θρεπτικών στοιχείων και νερού από νωρίς, ενώ οι απώλειες Αζώτου από έκπλυση αυξάνουν.

Επίσης υψηλά επίπεδα Αζωτολίπανσης στο αδελφωμα (πρώιμη επιφανειακή λίπανση) είναι καλό να εφαρμόζονται μόνο σε χωράφια με μικρούς πληθυσμούς, κάτω από 250 φυτά / τετρ. μέτρο για να ενισχυθεί το αδελφωμα. Φυσικά πρέπει να αποφεύγονται οι υπερβολές αφού οδηγούν σε αυξημένη ευπάθεια του σταριού στις ασθένειες και σε πλαγιάσματα.

Η επάρκεια αζώτου στο καλάμωμα σημαίνει αυξημένο αριθμό επιζώντων αδελφιών περισσότερα και μεγαλύτερα στάχυα ανά στρέμμα, περισσότεροι και μεγαλύτεροι κόκκοι ανά στάχυ. Η επάρκεια αζώτου στο ξεστάχασμα αυξάνει το χρόνο δράσης των φύλλων την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες καλής ποιότητας.

## – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ –

- Βασιλάκογλου, Ι., 2004. Ζιζάνια, Αναγνώριση και Αντιμετώπιση. Εκδόσεις Σταμούλης. Αθήνα.
- Δαλιάνης Κ., (1983), «Χειμερινά Σιτηρά», Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
- Καραμάνος Α., (1992), «Τα σιτηρά των Εύκρατων Κλιμάτων», Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή Αθηνών, Αθήνα
- Σφήκας Α., (1995), «Ειδική Γεωργία Ι. Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά Φυτά», Α.Π.Θ., Εκδόσεις: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη.
- Γεννάδιος. Λεξικόν φυτολογικόν. Αθήνα 1914
- Peterson R.F., (1965), «Wheat», Leonard Hill Books, London.
- Good L.C., and Smika D.E., (1978), «Chemical fallow for soil and water conservation in the Great Plains», J. Soil Water Conserv. 33: 89-90.
- Musick J.T., Jones O.R, B.A. Stewart, and Dusek D.A., (1994), «Water–yield relationships for irrigated and dryland wheat in the U.S. Southern Plains». Agron. J. 86: 980–986.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 4.1 Έδαφος

Το έδαφος που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση όλων των πειραμάτων στο θερμοκήπιο συλλέχθηκε από το Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας του Βελεστίνο. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους δίνονται στον Πίνακα 4.1.

**Πίνακας 4.1** Φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους

CEC <sup>a</sup>	E.C <sup>b</sup>	pH	CaCO <sub>3</sub>	Οργανική ουσία	N	Olsen P	Ανταλλάξιμο Κ	Ολικό Cr (aqua regia)	Μηχανική σύσταση		
cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	μS cm <sup>-1</sup>		%			mg kg <sup>-1</sup>			% άμμου	% αργίλου	% ιλύος
30.5	175	8.82	9.6	2.3	0.22	8	150.1	219	54	30	16
									Αμμοαργιλοπηλώδες		

<sup>a</sup>Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (cation exchange capacity)

<sup>b</sup>Ηλεκτρική αγωγιμότητα (electrical conductivity)

#### 4.2 Υλικά Προσρόφησης (Βελτιωτικά)

##### 4.2.1 Ζεόλιθος - Μπετονίτης

Ο ζεόλιθος (κλινοπτινόλιθος) που χρησιμοποιήθηκε ήταν της εταιρείας S & B Company (Ελλάδα) και ο μπετονίτης της εταιρείας Argilometalic Lot. Οι Φυσικοχημικές ιδιότητες του ζεόλιθου, του μπετονίτη και των μιγμάτων αυτών δίνονται στους πίνακες 4.2 και 4.3, αντίστοιχα.

**Πίνακας 4.2** Φυσικοχημικές ιδιότητες του ζεολίθου

CEC <sup>a</sup>	Ισοηλεκτρικό σημείο (ZPC)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ειδική επιφάνεια <sup>b</sup>
cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>		%							m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
Τιμές παρμένες από την εταιρεία προμήθειας του υλικού									
235	6.8	66.98	13.31	0.98	0.87	3.43	0.53	0.78	30.7

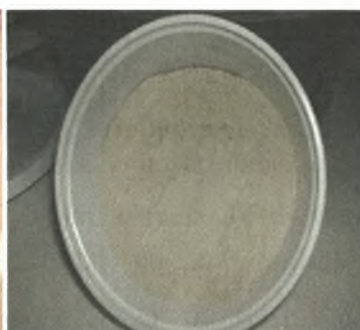
**Πίνακας 4.3** Φυσικοχημικές ιδιότητες του μπετονίτη

CEC <sup>a</sup>	E.C. <sup>c</sup>	Ισοηλεκτρικό σημείο (ZPC)	Ειδική επιφάνεια <sup>b</sup>	Cu	Mn	Ca	Mg
cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	μS cm <sup>-1</sup>		m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	ppm		%	
65.7	0.6557	8.0	616.4	28.1	972	2.12	1.51

<sup>a</sup>Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (cation exchange capacity)

<sup>b</sup>Ειδική επιφάνεια (specific surface area)

<sup>c</sup>Ηλεκτρική αγωγιμότητα (electrical conductivity)



**Εικόνα 4.1** Ζεόλιθος (Z) **Εικόνα 4.2** Μπετονίτης (B)

#### 4.2.2 Γκαιτίτης

Ο γκαιτίτης (FeOOH) παρασκευάστηκε στο εργαστήριο Εδαφολογίας του Π.Θ. σύμφωνα με την μέθοδο των Schwertmann και Cornell (2000) ενώ τα δύο συστήματα ζεόλιθου - γκαιτίτη με την μέθοδο των Dimirkou et al. (2009). Οι μέθοδοι αυτοί καταγράφονται παρακάτω.

##### Παρασκευή γκαιτίτη

Για την παρασκευή του γκαιτίτη χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Schwertmann και Cornell (2000) η οποία περιλαμβάνει την παρασκευή των διαλυμάτων:

1 M Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O και 5 M KOH και την σύνθεση του γκαιτίτη η οποία πραγματοποιήθηκε με την τοποθέτηση σε φιάλη πολυαιθυλενίου ενός λίτρου 50mL 1 M Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O και 90 mL 5 M KOH. Η φιάλη συμπληρώθηκε με διασπασταγμένο νερό έως την ένδειξη του ενός λίτρου και αφέθηκε στους 70 °C για εξήντα ώρες. Κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου το καστανέρυθρο ίζημα του σιδηρο-υδρίτη μετατράπηκε σε ένα συμπαγές ωχροκίτρινο ίζημα οξειδίου του σιδήρου.

Στη συνέχεια το ίζημα διηθήθηκε και ξεπλύθηκε με διασπασταγμένο νερό. Το στερεό που προέκυψε τοποθετήθηκε στο πυριαντήριο στους 40 °C για 2 ημέρες και στη

συνέχεια ομογενοποιήθηκε με την χρήση γουδιού. Το τελικό προϊόν ήταν ένα ωχροκίτρινο λεπτόκοκκο υλικό.



**Εικόνα 4.3** Γκαιτίτης (G)

#### **Σύστημα Z-GR (εν τω γενάσθαι)**

Σε φιάλη πολυαιθυλενίου 1 λίτρου τοποθετήθηκαν 20 g ζεόλιθου, 50 mL  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  1 M και 80 mL KOH 5 M. Η φιάλη συμπληρώθηκε με δισαπεσταγμένο νερό μέχρι την συμπλήρωση όγκου ενός λίτρου και τοποθετήθηκε στο πυριαντήριο στους 70 °C για 310 ώρες. Μετά το πέρας των 310 ωρών το περιεχόμενο της φιάλης διηθήθηκε και ξεπλύθηκε με δισαπεσταγμένο νερό μέχρι τελικής διαύγειας του διηθούμενου νερού. Τέλος το διήθημα τοποθετήθηκε στο πυριαντήριο στους 40 °C για τρεις ημέρες και στη συνέχεια ομογενοποιήθηκε. Το σύστημα Z-GR είχε χρώμα καστανέρυθρο.



**Εικόνα 4.4** Σύστημα Ζεόλιθου – Γκαιτίτη κόκκινου (Z-GR)

#### **Σύστημα Z-GY**

Σε φιάλη πολυαιθυλενίου ενός λίτρου τοποθετήθηκαν 50 mL  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  1 M και 90 mL KOH 5 M. Η φιάλη συμπληρώθηκε με δισαπεσταγμένο νερό μέχρι την συμπλήρωση όγκου ενός λίτρου και τοποθετήθηκε στο πυριαντήριο στους 70 °C για

60 ώρες. Μετά το πέρας των 60 ωρών αφαιρέθηκαν από την φιάλη 100 mL καθαρό υπερκείμενο και προστέθηκαν 20 g ζεολίθου. Η φιάλη αφέθηκε για άλλες 100 ώρες στην ίδια θερμοκρασία. Μετά το πέρας των 100 ωρών το περιεχόμενο της φιάλης διηθήθηκε και ξεπλύθηκε με δισαπασταγμένο νερό μέχρι τελικής διαύγειας του διηθούμενου νερού. Το διήθημα τοποθετήθηκε στους 40 °C για τρεις ημέρες. Στη συνέχεια το στερεό υλικό ομογενοποιήθηκε με τη χρήση γουδιού. Το υλικό που προέκυψε ήταν το σύστημα Z-GY και είχε χρώμα κίτρινο.



Εικόνα 4.5 Σύστημα Ζεολίθου – Γκαϊτίτη κίτρινου (Z-GY)

### 4.3 Πειράματα θερμοκηπίου

#### 4.3.1 Περιοχή Μελέτης

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε την περίοδο Μάιο - Ιούνιο 2010 σε θερμοκήπιο της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.



Εικόνα 4.6 Σχολή Γεωπονικών Επιστημών



Εικόνα 4.7 Θερμοκήπιο του Π.Θ.

#### 4.3.2 Πείραμα

Ο κύκλος πειράματος πραγματοποιήθηκε την περίοδο Μάιο - Ιούνιο 2010 σε φυτοδοχεία στο θερμοκήπιο. Χρησιμοποιήθηκε έδαφος το οποίο συλλέχθηκε από το Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που βρίσκεται στο Βελεστίνο.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε τρεις επαναλήψεις με σκοπό τη μελέτη της αποτελεσματικότητας των βελτιωτικών στην κατακράτηση νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων από τις καλλιέργειες του σιταριού και του βλήτου.

Το πειραματικό περιελάμβανε :

- Έναν τύπο εδάφους
- Δυο δόσεις αζώτου υπό μορφή  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 
  1. 30 Kg N/στρ. (ή 75 mg N  $\text{kg}^{-1}$ ) και 60 Kg N/στρ. (ή 150 mg N  $\text{kg}^{-1}$ ) για τις καλλιέργειες του σιταριού, του βλήτου και του σπανακιού
  2. 40 Kg N/στρ. (ή 100 mg N  $\text{kg}^{-1}$ ) και 80 Kg N/στρ (ή 200 mg N  $\text{kg}^{-1}$ ) για την καλλιέργεια του αραβοσίτου

- Έξι βελτιωτικά

Τα βελτιωτικά που προστέθηκαν ήταν :

1. Ο ζεόλιθος (Z) – 1 g Z  $\text{kg}^{-1}$  εδάφους
2. Ο μπεντονίτης (B) – 1 g  $\text{kg}^{-1}$  εδάφους
3. Το σύστημα ζεόλιθος – μπεντονίτης σε αναλογία 3:1 - 1 g  $\text{kg}^{-1}$  εδάφους
4. Ο γκαιτίτης (G) – 0.2 g  $\text{kg}^{-1}$  εδάφους
5. Το σύστημα ζεόλιθος - γκαιτίτης κίτρινος (Z-GY) – 0.2 g  $\text{kg}^{-1}$  εδάφους
6. Το σύστημα ζεόλιθος - γκαιτίτης κόκκινος (Z-GR) – 0.2 g  $\text{kg}^{-1}$  εδάφους

Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του πειράματος στο θερμοκήπιο κυμαινόταν μεταξύ 25 – 35°C. Έτσι για τα νιτρικά – αμμωνιακά είχαμε 8 μεταχειρίσεις για κάθε φυτό (8X2), από τις οποίες στις 6 για κάθε φυτό (6X2) προστέθηκε βελτιωτικό. Κάθε μεταχείριση είχε 3 επαναλήψεις και στο θερμοκήπιο τοποθετήθηκαν τα φυτοδοχεία..

#### 4.3.3 Θερμοκήπιο

Η εφαρμογή του αζώτου και η ενσωμάτωση των υλικών έγινε στις 6/5/2010. Η σπορά στο θερμοκήπιο πραγματοποιήθηκε στις 10/5/2010 σε φυτοδοχεία τα οποία περιείχαν περίπου 1 kg έδαφος. Ο τύπος του εδάφους που χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα φυτοδοχεία ήταν ο ίδιος. Το βάθος σποράς των σπόρων των φυτών ήταν επιφανειακό περίπου πέντε εκατοστών. Τα φυτά αρδεύονταν κανονικά ώστε να

διατηρείται η υδατοικανότητα στο 65%. Στο κάτω μέρος των φυτοδοχείων τοποθετήθηκαν ειδικοί δίσκοι για την διατήρηση των απαραίτητων συνθηκών υγρασίας.

Στα φυτοδοχεία στα οποία έγινε εφαρμογή αζώτου, η κοπή πραγματοποιήθηκε στις 25/6/10 για το σιτάρι και στις 28/6/2010 για το βλίτο.

Εν συνεχεία μετρήθηκαν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών (ύψος υπέργειου μέρους και ξηρό βάρος φυτού). Επίσης προσδιορίστηκαν το νιτρικό άζωτο στο έδαφος και το φυτό, το αμμωνιακό άζωτο στο έδαφος. Το πειραματικό σχέδιο της μελέτης του θερμοκηπίου φαίνεται στο Παράρτημα II.

#### **4.4 Εργαστηριακές αναλύσεις**

Τα φυτικά δείγματα, και τα εδαφικά δείγματα υποβλήθηκαν στις παρακάτω αναλύσεις:

##### Εδαφικά δείγματα

Τα εδαφικά δείγματα μετά την κατάλληλη προετοιμασία τους που περιελάμβανε αεροξήρανση, λιοτρίβηση και διέλευση τους από κόσκινο των 2 mm υποβλήθηκαν στις παρακάτω αναλύσεις:

**Μηχανική ανάλυση:** Έγινε με την μέθοδο του πυκνομέτρου Βουγιούκου (Day, 1965) που στηρίζεται στην αρχή της καθίζησης της ύλης και της αργίλου, σύμφωνα με το νόμο του Stokes.

**pH:** Μετρήθηκε στο εργαστήριο εδαφολογίας σε υδατικό διάλυμα με σχέση εδάφους 1:5 με πεχάμετρο ORION 3 STAR pH Benchtop της εταιρείας Thermo Scientific (Αλεξιάδης, 1976).

**CaCO<sub>3</sub>:** Μετρήθηκε με ασβεστόμετρο Bernard (Αλεξιάδης, 1976).

**Ηλεκτρική αγωγιμότητα:** Μετρήθηκε στο εργαστήριο εδαφολογίας σε υδατικό διάλυμα με σχέση εδάφους 1:5 με αγωγιμόμετρο 712 Conductometer τύπου Metrohm (Miller and Curtin, 2006).

**Οργανική ουσία:** Προσδιορίστηκε με την τροποποιημένη μέθοδο Walkley – Black (Walkley and Black, 1934).

**Ολικό άζωτο:** Προσδιορίστηκε με την μέθοδο κατά Kjeldahl (Bremner and Muvaney, 1982).

**Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ):** προσδιορίστηκε με τη μέθοδο κορεσμού των εδαφικών κολλοειδών με νάτριο και στην συνέχεια αντικατάσταση του νατρίου με αμμώνιο (Rhoades, 1982). Τα βασικά αντιδραστήρια ήταν 1 N  $\text{CH}_3\text{COONa}$  με pH 8.2 και 1 N  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  με pH 8.0. Μετά από εκχύλιση τα ελεύθερα ιόντα μετρήθηκαν με φλογοφωτόμετρο τύπου Sherwood (Αλεξιάδης, 1976).

**Ανταλλάξιμο κάλιο:** Για τον προσδιορισμό του χρησιμοποιήθηκε εκχυλιστικό διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1 N. Ο προσδιορισμός έγινε με φλογοφωτόμετρο τύπου Sherwood (Page, 1982).

**Εκχυλίσιμος φώσφορος κατά Olsen:** Για τον προσδιορισμό του εκχυλίσιμου φωσφόρου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Olsen (Kuo, 1996). Ο προσδιορισμός του εκχυλίσιμου φωσφόρου έγινε με ανάπτυξη κυανού χρώματος (μέθοδος βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου) και η μέτρηση της έντασης του χρώματος με φασματοφωτόμετρο μοριακής απορρόφησης UV-VIS -120 – 01 τύπου Shimadzu στα 882 nm (Olsen *et al.*, 1965).

Στα εδαφικά δείγματα των φυτοδοχείων μετά την συγκομιδή των καλλιεργειών προσδιορίστηκαν επιπλέον τα παρακάτω:

**Νιτρικό άζωτο:** Προσδιορίστηκε με την μέθοδο της στήλης καδμίου. Ο προσδιορισμός του νιτρικού αζώτου έγινε με φασματοφωτόμετρο μοριακής απορρόφησης UV-VIS -120 – 01 τύπου Shimadzu σε μήκος κύματος 540 nm (Mulvaney, 1996) (για περισσότερες πληροφορίες βλέπε παράρτημα Ι).

**Αμμωνιακό άζωτο:**

Ο προσδιορισμός του αμμωνιακού αζώτου έγινε με ανάπτυξη πράσινου χρώματος και η ένταση του χρώματος μετρήθηκε με την βοήθεια φασματοφωτόμετρου μοριακής

απορρόφησης UV-VIS -120 – 01 τύπου Shimadzu σε μήκος κύματος 667 nm (Mulvaney, 1996) (για περισσότερες πληροφορίες βλέπε παράρτημα Ι).

### Φυτικά δείγματα

Τα φυτικά δείγματα μετά την κατάλληλη προετοιμασία τους που περιελάμβανε πλύσιμο, ξήρανση σε πυριαντήριο στους 65-70°C και άλεση σε ειδικό μύλο, υποβλήθηκαν στις παρακάτω ανάλυση:

**Νιτρικό άζωτο:** Προσδιορίστηκε με την μέθοδο της στήλης καδμίου. Ο προσδιορισμός του νιτρικού αζώτου έγινε με φασματοφωτόμετρο μοριακής απορρόφησης UV-VIS -120 – 01 τύπου Shimadzu σε μήκος κύματος 540 nm (Mulvaney, 1996) (για περισσότερες πληροφορίες βλέπε παράρτημα Ι).

### **4.5 Παρουσίαση δεδομένων**

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων των πειραμάτων θερμοκηπίου έγινε με την χρήση του στατιστικού πακέτου Statgraphics Plus 8.1 σύμφωνα με το LSD test για επίπεδο σημαντικότητας 95% ( $p < 0.05$ ).



## – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ –

### *Ξενόγλωσση*

- Bremner, J.M., and Muvaney, C.S. 1982. Nitrogen–total. In: Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. (Editors) Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition. American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, pp. 595 - 624.
- Day, P.R., 1965. Particle fractionation and particle size analysis. In: C.A. Black et al (ed) Methods of soils analysis, part I. Agronomn g: 545 - 568. American Society Of Agronomy. Madison. WIS.
- Ioannou, A, Dimirkou, A. and Ioannou, Z., 2001. Comparison of kinetic models for phosphate reaction in goethite, bentonite-goethite (b-g) and kaolinite-goethite systems. Current Topics in Colloids & Interface 4:35 - 56.
- Miller, J.J and Denis Curtin, D, 2006. Soil Sampling and Methods of Analysis. 2<sup>nd</sup> edition. Chapter 15. Electrical Conductivity and Soluble Ions. Canadian Society of Soil Science.
- Mulvaney, R.L, 1996. Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods. Chapter 38, Nitrogen – Inorganic forms. Soil Science Society of America. Inc. Madison. pp. 1123 - 1184.
- Olsen, A.L. and Dean, L.A., 1965. Phosphorous I.N.C.A. Black et al. (ed). Methods of soil chemical analysis Part 2. Agronomy 9: 1035 - 1049. American Science of Agronomy. Inc., Madison wis.
- Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R., 1982. Methods of soil analysis Part 2. pp. 160 - 161, 413 - 414, 416 - 418. American Society Of Agronomy., Inc., Madison wis.
- Schwertmann U., and R. M. Cornell (2000). Iron Oxide in the Laboratory. Weinheim : Wiley – VCH.
- Walkley, A. and Black, I.A. 1934. An examination of the Degjarett method for determination of soil organic matter and proposed modification of thw chromic acid titration method. Soil Science 37: 29 - 38.

### *Ελληνική*

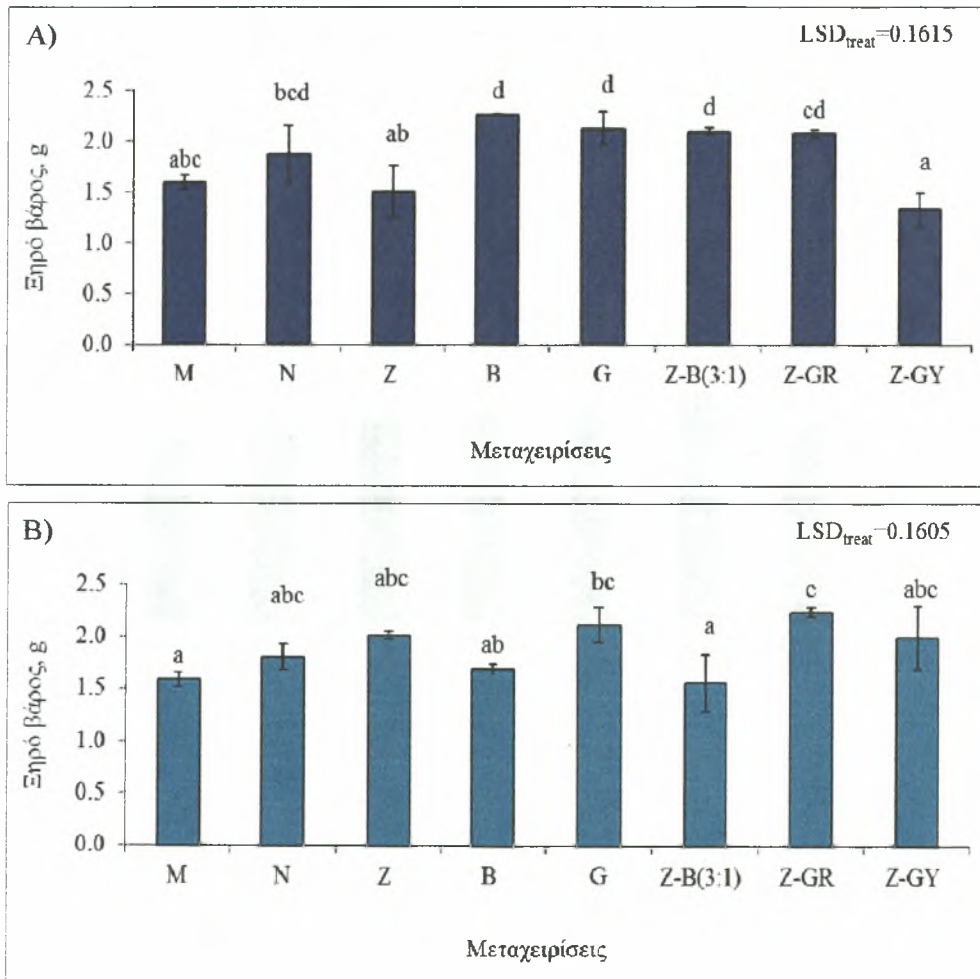
- Αλεξιάδης, Κ., 1976. Προσδιορισμός του CaCO<sub>3</sub> δια του ασβεστομέτρου. Στο βιβλίο φυσική και χημική ανάλυση του εδάφους του Αλεξιάδη Κ. σελ. 129 - 133, 160 - 162, 235, 288 - 290.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 5.1 Αποτελέσματα και συζήτηση του πειραμάτος στο θερμοκήπιο.

5.1.1 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και των βελτιωτικών στα αγρονομικά χαρακτηριστικά του σιταριού, της περιεκτικότητας του νιτρικού και αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος καθώς και του νιτρικού αζώτου στο φυτό.



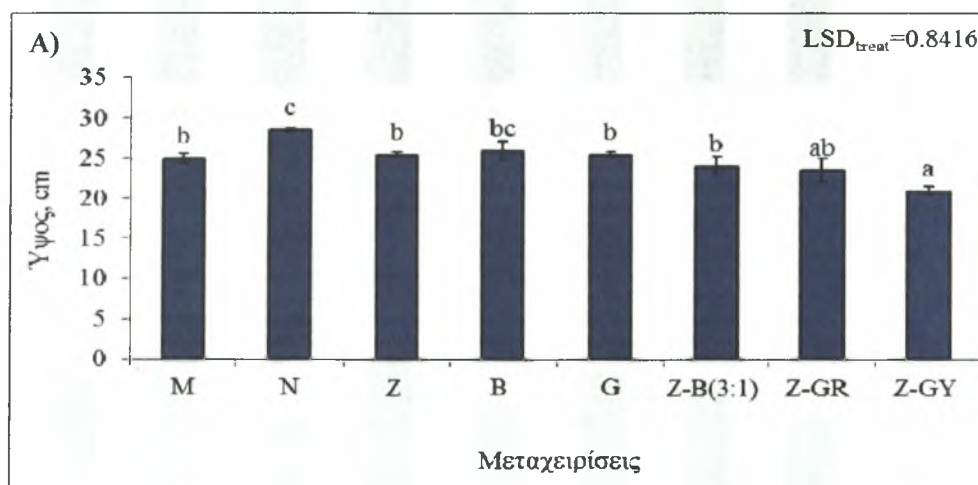
Διάγραμμα 5.1: Η επίδραση του αζώτου και των βελτιωτικών στο ξηρό βάρος του σιταριού (A) 30 kg N/στρ. και (B) 60 kg N/στρ.

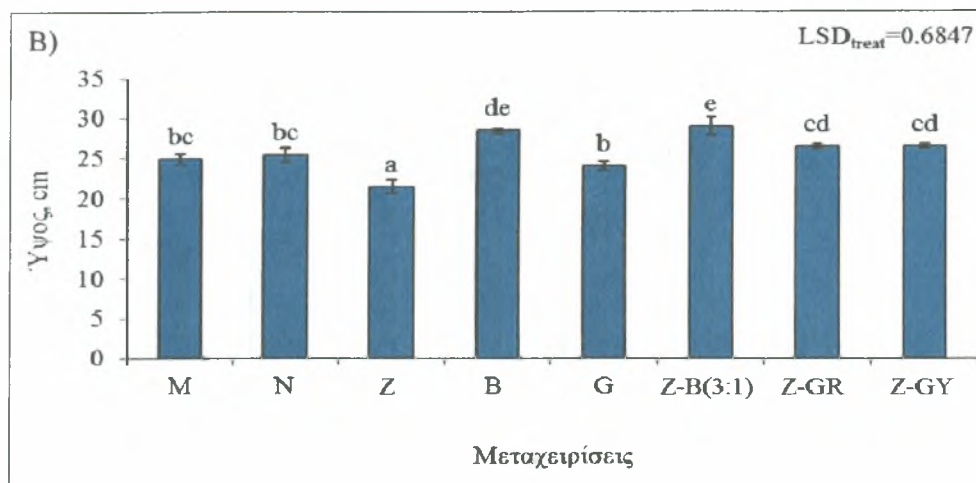
Από τα διαγράμματα 5.1(A) και (B) προκύπτει ότι για την καλλιέργεια του σιταριού η προσθήκη και των δύο δόσεων αζώτου χωρίς την προσθήκη βελτιωτικού N δεν

προκάλεσε στατιστικά σημαντική αύξηση στο ξηρό βάρος του φυτού σε σύγκριση με αυτή του μάρτυρα M.

Από τα διαγράμματα 5.1(A) προκύπτει ότι στατιστικά σημαντική αύξηση στο ξηρό βάρος του φυτού σε σύγκριση με αυτή του μάρτυρα M προκάλεσε η προσθήκη του μπεντονίτη ή γκαϊτίτη ή του μείγματος Z-B(3:1) ή του συστήματος Z-GR αντίστοιχα. Σε σχέση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο N η προσθήκη του συστήματος Z-GY προκάλεσε στατιστικά σημαντική μείωση ενώ τα υπόλοιπα βελτιωτικά δεν επηρέασαν στατιστικά σημαντικά το ξηρό βάρος των φυτών.

Από τα διαγράμματα 5.1(B) προκύπτει ότι στατιστικά σημαντική αύξηση στο ξηρό βάρος του φυτού σε σύγκριση με αυτή του μάρτυρα M προκάλεσε η προσθήκη του γκαϊτίτη ή του σύστημα Z-GR αντίστοιχα. Σε σχέση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο N κανένα από τα βελτιωτικά δεν επηρέασαν στατιστικά σημαντικά το ξηρό βάρος των φυτών.



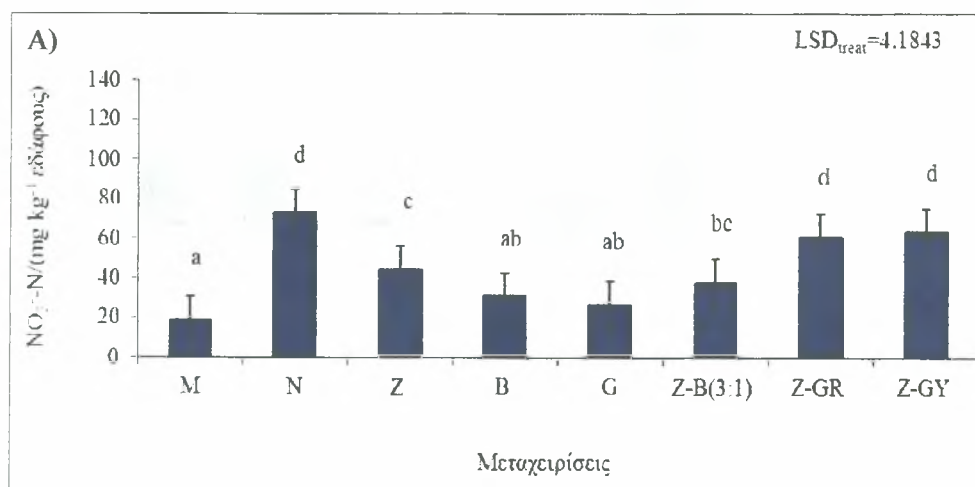


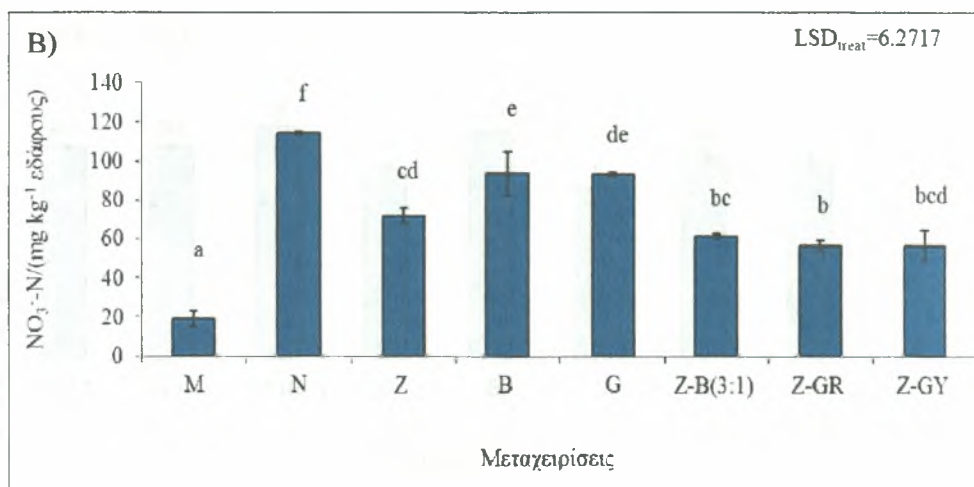
Διάγραμμα 5.2: Η επίδραση του αζώτου και των βελτιωτικών στο ύψος του σιταριού (A) 30 kg N/στρ. και (B) 60 kg N/στρ.

Από το διάγραμμα 5.2(A) και (B) προκύπτει ότι η προσθήκη της δόσης των 30 kg N/στρ. N προκάλεσε στατιστικά σημαντική αύξηση στο ύψος των φυτών ενώ η προσθήκη της δόσης των 60 kg N/στρ. N δεν προκάλεσε στατιστικά σημαντική αύξηση στο ύψος των φυτών σε σύγκριση με τον μάρτυρα M.

Από το διάγραμμα 5.2(A) προκύπτει ότι σε σχέση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο N η προσθήκη του ζεόλιθου ή γκαϊτίτη ή του μείγματος Z-B(3:1) ή των συστημάτων Z-GR και Z-GY προκάλεσε στατιστικά σημαντική μείωση στο ύψος των φυτών.

Από το διάγραμμα 5.2(B) προκύπτει σε σχέση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο N τα βελτιωτικά που αύξησαν στατιστικά σημαντικά το ξηρό βάρος των φυτών ήταν ο μπεντονίτης και το μείγμα Z-B(3:1).

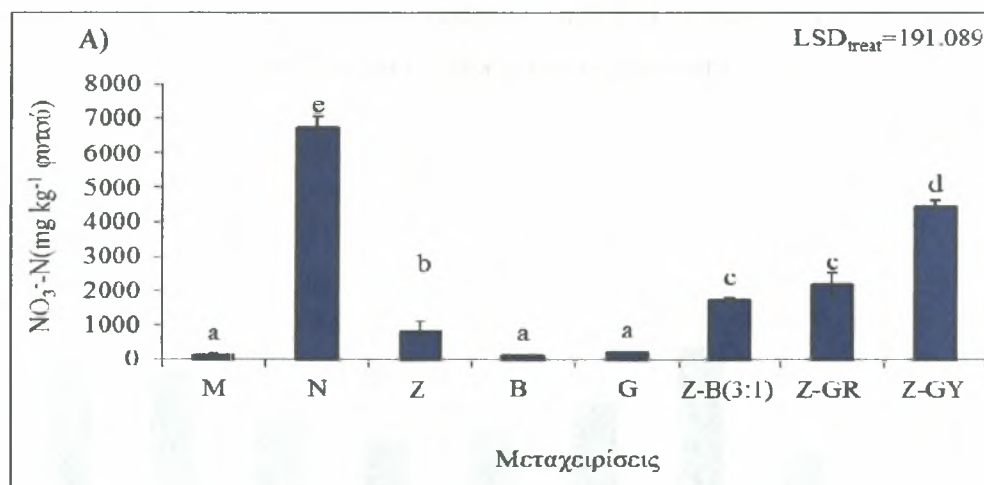


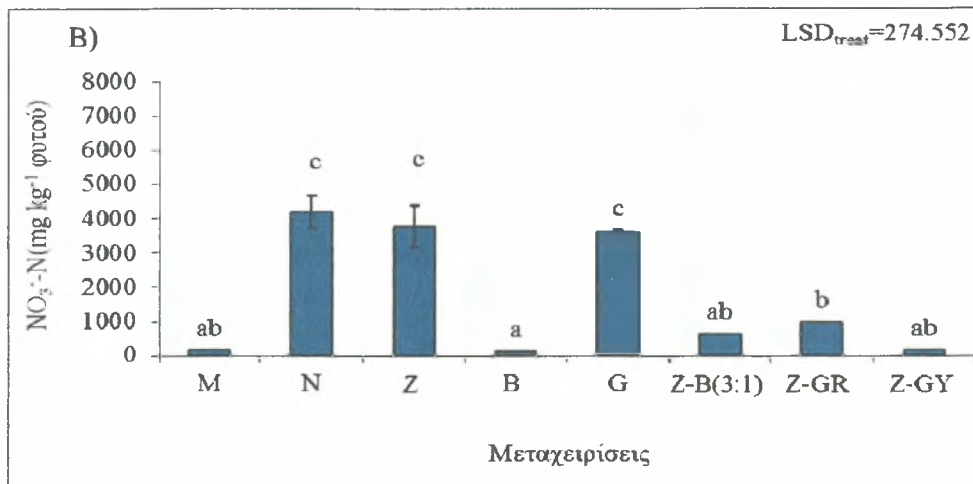


**Διάγραμμα 5.3:** Η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου στο έδαφος μετά την καλλιέργεια σιταριού σε συνάρτηση με τις μεταχειρίσεις (A) 30 kg N/στρ. και (B) 60 kg N/στρ.

Από το διάγραμμα 5.3(A) προκύπτει ότι στα φυτοδοχεία στα οποία προστέθηκε άζωτο και βελτιωτικά ο ζεόλιθος, ο μπεντονίτης, ο γκαϊτίτης και το μείγμα Z-B(3:1) βοήθησαν στατιστικά σημαντικά στην μείωση του νιτρικού αζώτου στο έδαφος μετά την καλλιέργεια σιταριού σε σύγκριση με τα φυτοδοχεία στα οποία προστέθηκε μόνο άζωτο N.

Από το διάγραμμα 5.3(B) προκύπτει ότι όλα τα βελτιωτικά επέφεραν στατιστικά σημαντική μείωση του νιτρικού αζώτου στο έδαφος μετά την καλλιέργεια σιταριού σε σύγκριση με τα φυτοδοχεία στα οποία προστέθηκε μόνο άζωτο N.

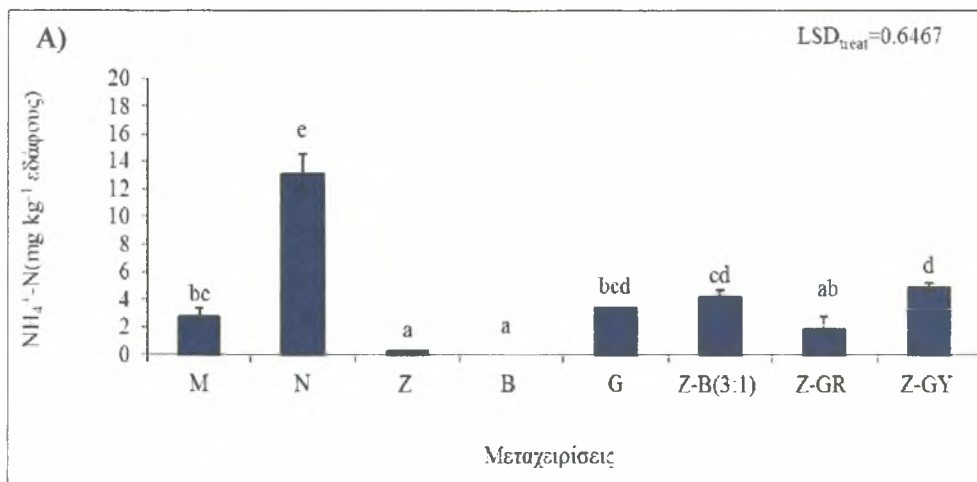


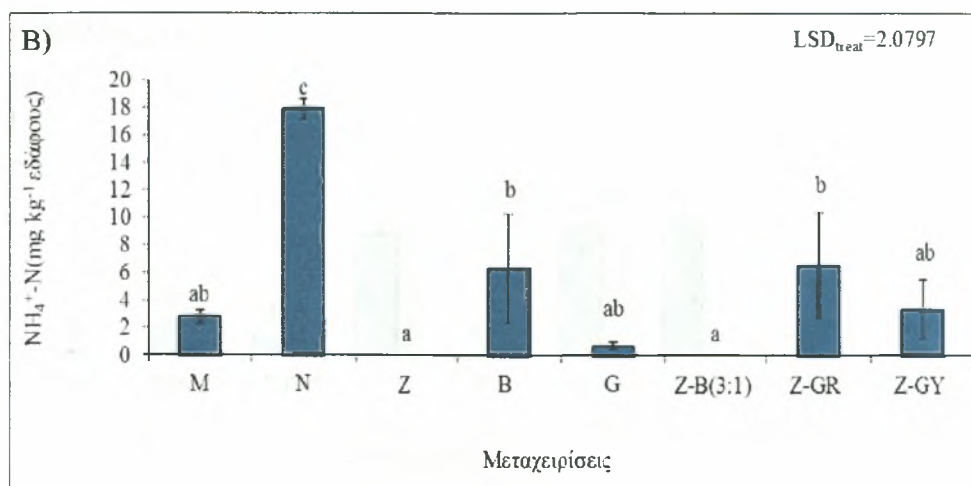


**Διάγραμμα 5.4:** Η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου στο φυτό του σιταριού σε συνάρτηση με τις μεταχειρίσεις (A) 30 kg N/στρ. και (B) 60 kg N/στρ.

Από το διάγραμμα 5.4(A) προκύπτει ότι όλα τα βελτιωτικά που χρησιμοποιήθηκαν επέφεραν στατιστικά σημαντική μείωση στην συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου στο φυτό σε σύγκριση με το μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο N. Ειδικά ο μπεντονίτης και ο γκαιτίτης μείωσαν το νιτρικό άζωτο στα φυτά στα επίπεδα του μάρτυρα στον οποίο δεν προστέθηκε άζωτο M.

Από το διάγραμμα 5.4(B) προκύπτει ότι από τα βελτιωτικά που χρησιμοποιήθηκαν ο μπεντονίτης, το μείγμα Z-B(3:1) και τα συστήματα Z-GY και Z-GR μείωσαν στατιστικά σημαντικά την συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου στα φυτά σε σχέση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο N.





**Διάγραμμα 5.5:** Η συγκέντρωση του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος μετά την καλλιέργεια σιταριού σε συνάρτηση με τις μεταχειρίσεις (Α) 30 kg N/στρ. και (Β) 60 kg N/στρ.

Τα διάγραμμα 5.5(A) και (B) δείχνουν ότι η χρήση των βελτιωτικών μείωσε στατιστικά σημαντικά την περιεκτικότητα του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος.

Στην δόση των 30 kg N/στρ. η σειρά μείωσης του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος είναι B>Z>Z-GR>G>Z-B(3:1)>Z-GY ενώ στην δόση των 60 kg N/στρ. η σειρά μείωσης του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος είναι Z= Z-B(3:1)> G > Z-GY > B > Z-GR.

**Πίνακας 5.1:** % ποσοστό μείωσης NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N στην καλλιέργεια σιταριού από την επίδραση του βελτιωτικού στο έδαφος και στο φυτό στην δόση 30 kg / στρ. σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο

ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ	% ΜΕΙΩΣΗΣ NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	% ΜΕΙΩΣΗΣ NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟΥ ΣΤΟ ΦΥΤΟ
Z	40	87
B	57	98
G	63	97
Z-B(3:1)	48	74
Z-GR	17	67
Z-RY	14	34

Από τον πίνακα 5.1 προκύπτει το % ποσοστό μείωσης νιτρικού αζώτου από την επίδραση των βελτιωτικών στο έδαφος κυμαίνεται από 14% έως 63% σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο N. Ενώ το % ποσοστό μείωσης νιτρικού αζώτου από την επίδραση των βελτιωτικών στο φυτό κυμαίνεται από 34% έως 98%.

**Πίνακας 5.2:** % μείωσης  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  στην καλλιέργεια σιταριού από την επίδραση του βελτιωτικού στο έδαφος και στο φυτό στην δόση 60 kg / στρ. σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο

<b>ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ</b>	<b>% ΜΕΙΩΣΗΣ <math>\text{NO}_3^- - \text{N}</math> ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ</b>	<b>% ΜΕΙΩΣΗΣ <math>\text{NO}_3^- - \text{N}</math> ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟΥ ΣΤΟ ΦΥΤΟ</b>
<b>Z</b>	37	10
<b>B</b>	18	97
<b>G</b>	18	13
<b>Z-B(3:1)</b>	46	85
<b>Z-GR</b>	50	77
<b>Z-RY</b>	50	97

Από τον πίνακα 5.2 προκύπτει το % ποσοστό μείωσης νιτρικού αζώτου από την επίδραση των βελτιωτικών στο έδαφος κυμαίνεται από 18% έως 50% σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο N. Ενώ το % ποσοστό μείωσης νιτρικού αζώτου από την επίδραση των βελτιωτικών στο φυτό κυμαίνεται από 10% έως 97%.



**Πίνακας 5.3:** Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και των βελτιωτικών στα αγρονομικά χαρακτηριστικά του σιταριού, της περιεκτικότητας του νιτρικού αζώτου στο έδαφος και στο φυτό και του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο N

ΣΙΤΑΡΙ												
	30 kg N / στρ.						60 kg N / στρ.					
	Z	B	G	Z-B(3:1)	Z-GR	Z-GY	Z	B	G	Z-B(3:1)	Z-GR	Z-GY
<b>Ξ.Β.</b>	0	0	0	0	0	-	0	0	0	-	0	0
<b>ΥΨΟΣ</b>	-	0	-	-	-	-	-	+	0	+	0	0
<b>mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N kg<sup>-1</sup> εδάφους</b>	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-
<b>mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N kg<sup>-1</sup> φυτού</b>	-	-	-	-	-	-	0	-	0	-	-	-
<b>mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N kg<sup>-1</sup> εδάφους</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Τάση μείωσης

+ Τάση αύξησης

0 Καμία τάση

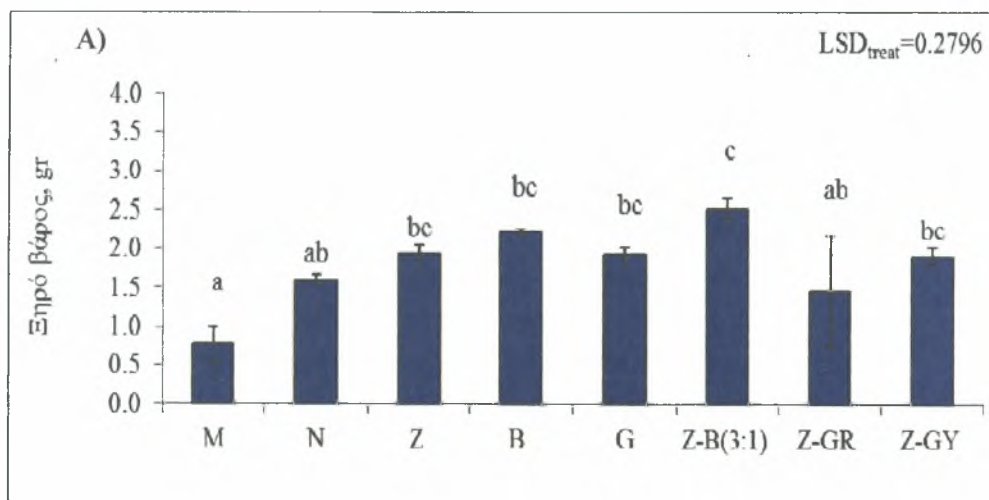
Στον πίνακα 5.3 φαίνονται οι γενικές τάσεις της αζωτούχου λίπανσης και των βελτιωτικών στην καλλιέργεια του σιταριού σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο (N), οι οποίες αναλυτικά έχουν περιγραφεί από τα παραπάνω διαγράμματα.

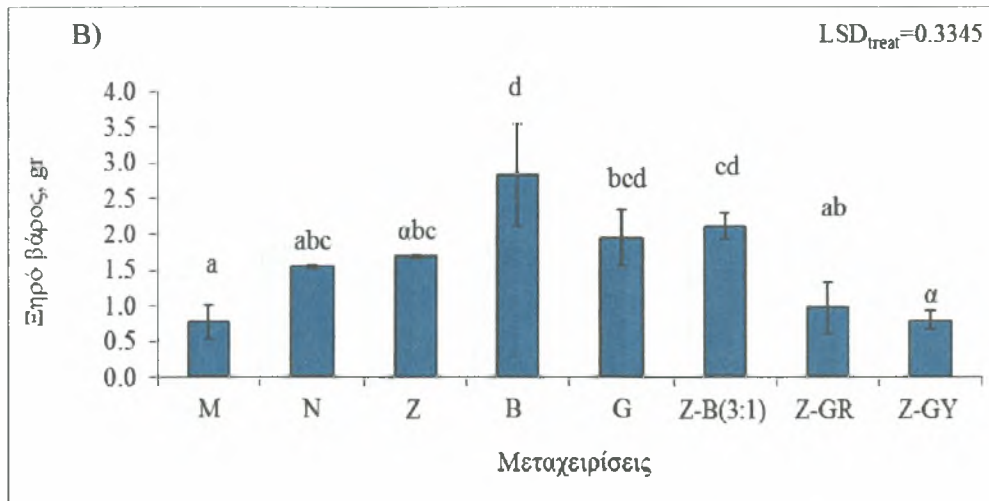
Τα νιτρικά είναι βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη όλων των ζωντανών οργανισμών. Έχουν λιπαντική αξία όταν χρησιμοποιούνται από τις καλλιέργειες και μόνο όταν διαφεύγουν αποτελούν σοβαρό πρόβλημα ρύπανσης. Τα τελευταία χρόνια όμως η αλόγιστη χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων οδήγησε στην ρύπανση των εδαφών και κατά επέκταση των υπόγειων και επιφανειακών νερών από νιτρικά (Zhan *et al.*, 2011). Έχει παρατηρηθεί υψηλή περιεκτικότητα νιτρικών σε φυτικά είδη – μέλη συγκεκριμένων οικογενειών. Συγκεκριμένα, μέλη των οικογενειών *Amaranthaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cruciferae*, *Compositae*, *Graminae* και *Solanaceae* αναφέρονται ιδιαίτερα συχνά σαν είδη που τείνουν να συσσωρεύουν νιτρικά (Wright and Davison, 1964).

Φυσικά συστατικά όπως ο ζεόλιθος αναφέρονται σαν βελτιωτικά στην μείωση έκπλυσης του αζώτου και στην αύξηση ανάκτησης του αζώτου (Huang and Petrovic, 1994). Η μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του κλινοπτιλόλιθου (φυσικός ζεόλιθος) τον καθιστά σημαντικό φορέα θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά, συμπεριλαμβανομένου και των αμμωνιακών και βοηθάει στην αργή απελευθέρωση τους για να υπάρχει μια συνεχής πρόσληψη από αυτά όταν αυτός έχει εμποτιστεί με αμμωνιακά πριν την εφαρμογή του (Sepaskhah and Yousefi, 2007). Επίσης, ο κλινοπτιλόλιθος λόγω της μεγάλης του I.A.K, έχει χρησιμοποιηθεί ως ένας φθηνός φορέας ανταλλαγής κατιόντων για την ρύθμιση των αμμωνιακών (Allen *et al.*, 1993, 1996). Ακόμα και έτσι, η νιτροποίηση των αμμωνιακών συνεισφέρει σημαντικά στην ρύπανση των υπόγειων νερών από νιτρικά (Shi *et al.*, 2009). Η πιθανή χρησιμοποίηση του ζεόλιθου ως κατάλληλο μέσο βραδείας απελευθέρωσης θρεπτικών στοιχείων μελετήθηκε και από τους Bernardi *et al.* (2010). Ο Kavoosi (2007) παρατήρησε ότι η εφαρμογή του ζεόλιθου αύξησε την απόδοση της καλλιέργειας ρυζιού σημαντικά. Επίσης βελτίωσε την ανάκτηση του αζώτου έως 65% και την αγρονομική αποδοτικότητα χρήσης στα 22 kg σπόρου ανά kg εφαρμοζόμενου N. Η αύξηση της ανάκτησης του αζώτου και της αποδοτικότητας χρήσης του αζώτου παίζει σημαντικό ρόλο στην μείωση της ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών και στον ευτροφισμό των φυσικών υδροφορέων και λιμνών. Οι Sepaskhah and Barzegar (2010) μελέτησαν τις επιδράσεις που έχουν διαφορετικές δόσεις φυσικού ζεόλιθου (κλινοπτιλόλιθος) και αζώτου στην καλλιέργειας ρυζιού. Βρήκαν ότι όταν αυξάνεται η δόση του αζώτου απαιτείται να εφαρμόζεται περισσότερος ζεόλιθος για την βελτίωση της απόδοσης του σπόρου. Συγκεκριμένα όταν εφαρμόζονται 80 kg N ανά εκτάριο χρειάζονται 4 t ανά εκτάριο ζεόλιθου για να επιτευχθεί η υψηλότερη

παραγωγή σπόρου. Επιπλέον, διαπίστωσαν ότι σε υψηλή δόση αζώτου απαιτείται λιγότερη ποσότητα ζεόλιθου για να διατηρηθεί αποτελεσματικά το υπολειμματικό διαθέσιμο άζωτο του εδάφους. Επίσης η εφαρμογή του ζεόλιθου αύξησε την κατακράτηση του νερού στο έδαφος γεγονός που οδήγησε σε χαμηλότερη εποχιακή χρήση του νερού και υψηλότερη παραγωγικότητα νερού. Τέλος πολύ σημαντικό ήταν το συμπέρασμα ότι η δράση του ζεόλιθου συνεχίστηκε και τον δεύτερο χρόνο πειράματος. Ο ζεόλιθος εφαρμόστηκε με πολύ καλά αποτελέσματα στην καλλιέργεια του ροδάκινου (*Prunus persica*) και του αμπελιού (*Vitis vinifera*). Στην έρευνα αυτή χρησιμοποιήθηκε σύνθετος ζεόλιθος σε δύο αναλογίες (25 και 50 wt %) ο οποίος αναμίχθηκε με αζωτούχο λίπασμα. Τα αποτελέσματα και στις δύο καλλιέργειες έδειξαν ότι η μέση παραγωγή διπλασιάστηκε. Επίσης ότι το μέγεθος του καρπού του ροδάκινου επηρεάστηκε θετικά (Burriesci *et al.*, 1984).

### 5.1.2 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και των βελτιωτικών στα αγρονομικά χαρακτηριστικά του βλίτου, της περιεκτικότητας του νιτρικού και αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος καθώς και του νιτρικού αζώτου στο φυτό.

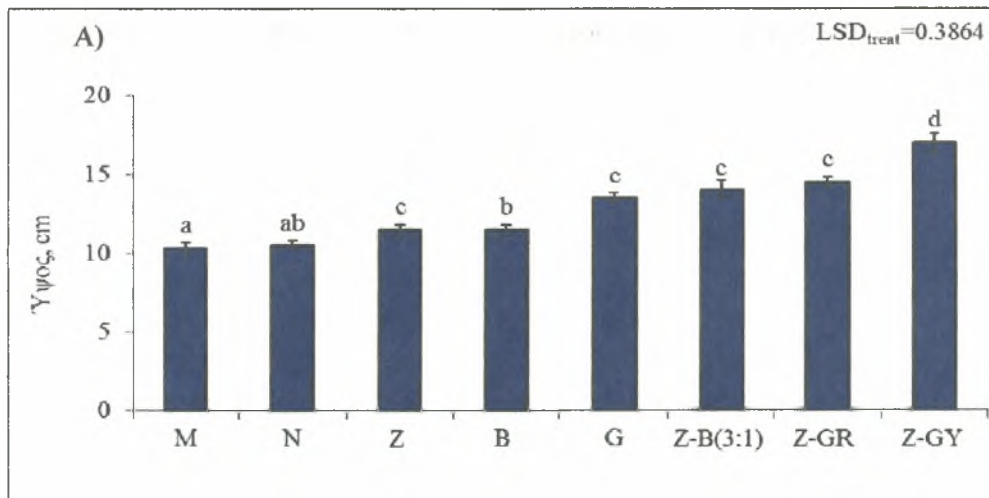


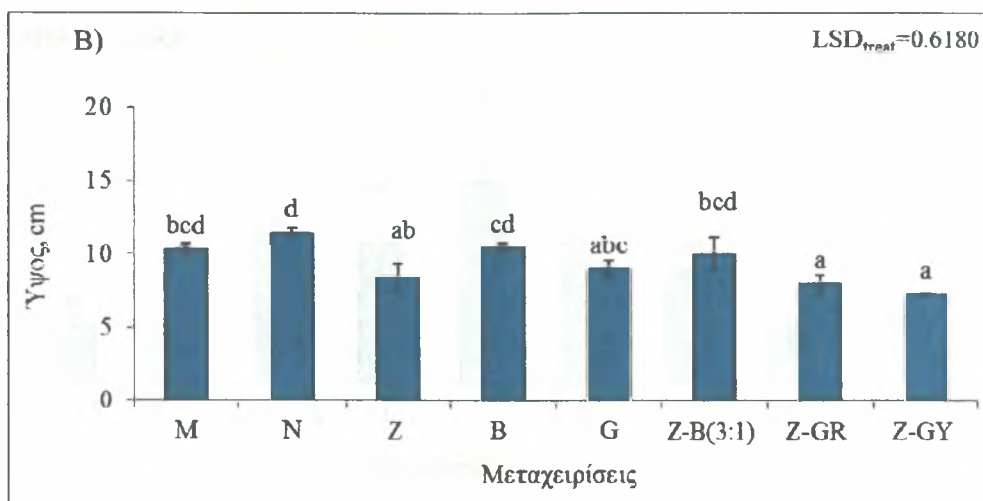


**Διαγράμμα 5.6:** Η επίδραση του αζώτου και των βελτιωτικών στο ξηρό βάρος του βλίτου (A) 30 kg N/στρ. και (B) 60 kg N/στρ.

Από τα διαγράμματα 5.6 (A) και (B) προκύπτει ότι στα φυτοδοχεία στα οποία προστέθηκαν οι δόσεις των 30 kg N/στρ. και 60 kg N/στρ. το ξηρό βάρος του φυτού αυξήθηκε αλλά όχι στατιστικά σημαντικά σε σύγκριση με το φυτό του μάρτυρα (M).

Από τα βελτιωτικά που χρησιμοποιήθηκαν στην δόση των 30 kg N/στρ. αυτό που προκάλεσε στατιστικά σημαντική αύξηση στο ξηρό βάρος ήταν το σύστημα Z-B(3:1) ενώ στην δόση των 60 kg N/στρ. ο μετετονίτης σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο αζώτο (N).

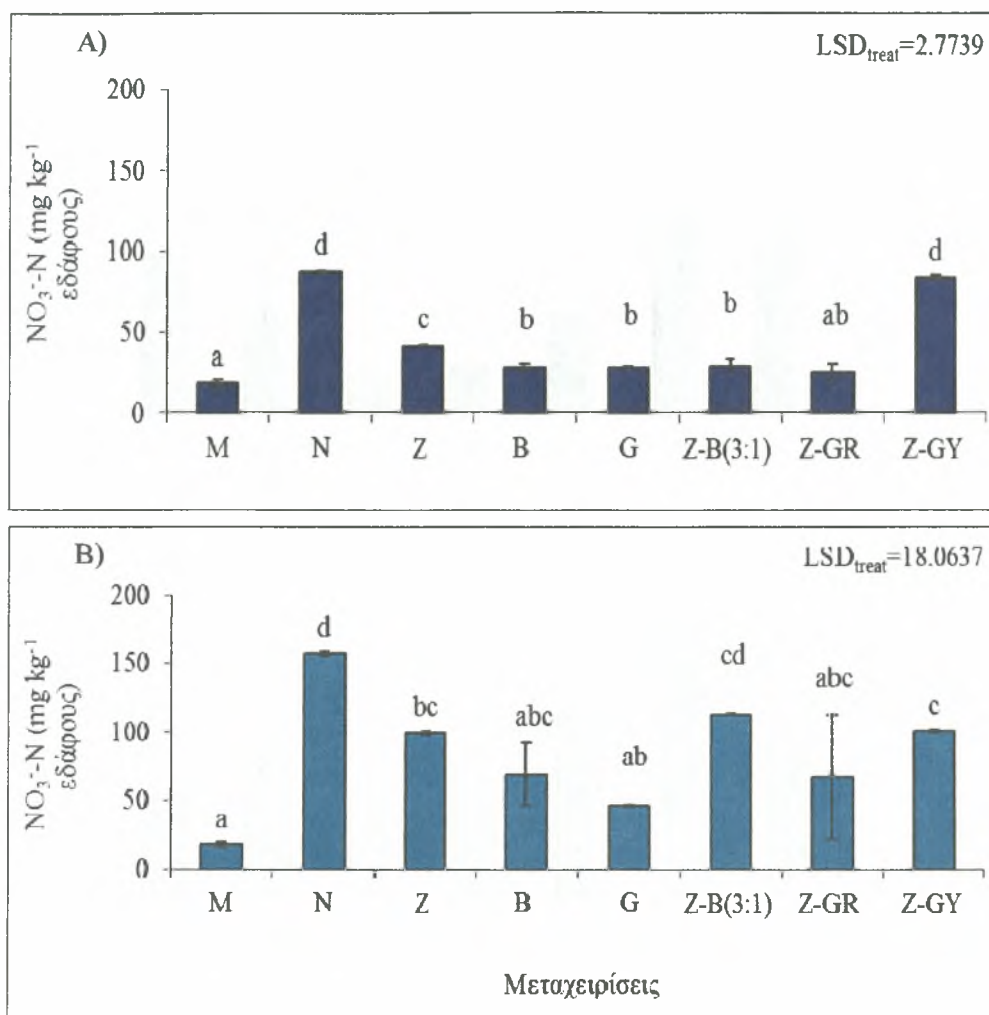




**Διάγραμμα 5.7:** Η επίδραση του αζώτου και των βελτιωτικών στο ύψος του βλίτου (Α) 30 kg N/στρ. και (Β) 60 kg N/στρ.

Από τα γραφήματα 5.7 (Α) και (Β) προκύπτει ότι στα φυτοδοχεία στα οποία προστέθηκαν 30 kg N/στρ. και 60 kg N/στρ. η αύξηση του ύψους των φυτών σε σύγκριση με το φυτό του μάρτυρα (Μ) δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

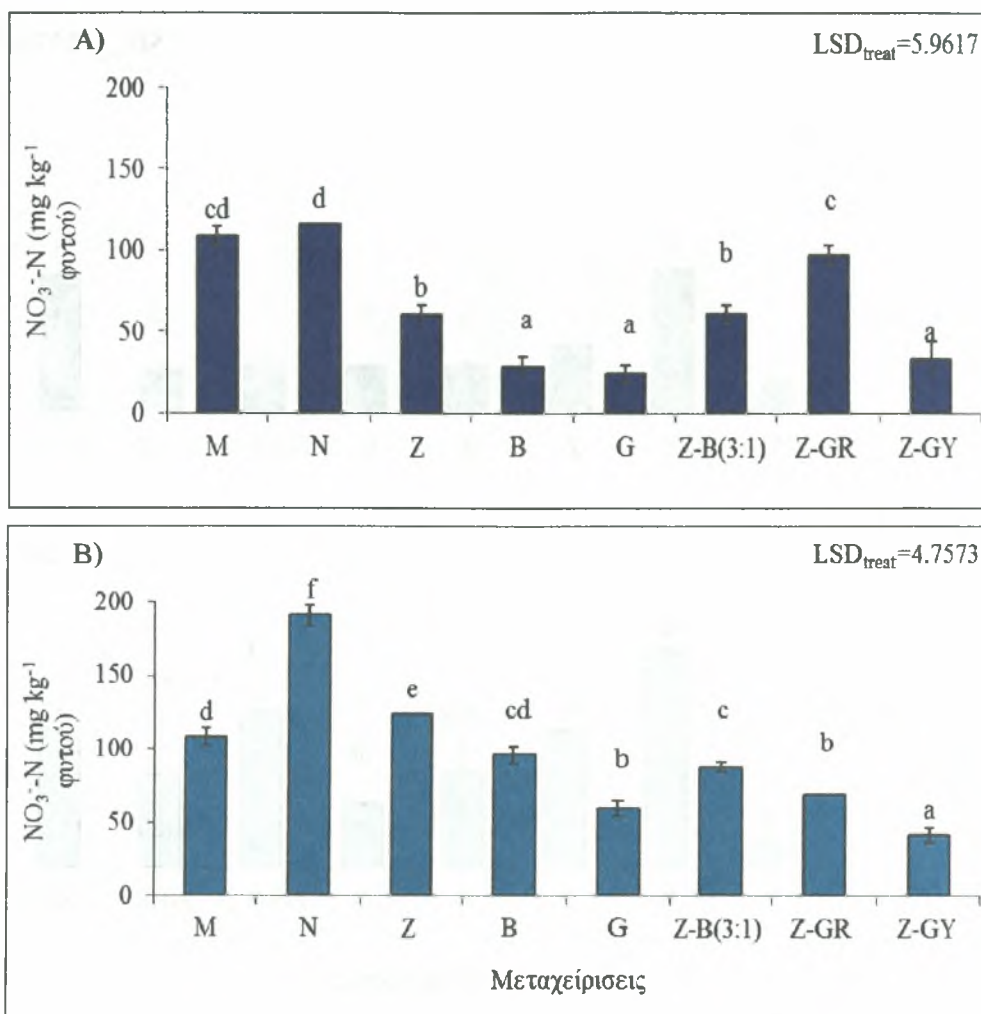
Στην δόση των 30 kg N/στρ. η εφαρμογή όλων των βελτιωτικών, εκτός από τον μπειτονίτη, αύξησε στατιστικά σημαντικά το ύψος των φυτών σε σχέση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο (Ν). Ενώ στην δόση των 60 kg N/στρ. όλα τα βελτιωτικά που προστέθηκαν μείωσαν το ύψος των φυτών σε σύγκριση με το φυτό του μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο (Ν). Μάλιστα η προσθήκη του ζεόλιθου, του γκαϊτίτη και των συστημάτων Z-GR και Z-GY προκάλεσε στατιστικά σημαντική μείωση.



**Διάγραμμα 5.8:** Η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου στο έδαφος μετά την καλλιέργεια βλίτου σε συνάρτηση με τις μεταχειρίσεις (A) 30 kg N/στρ. και (B) 60 kg N/στρ.

Από το γράφημα 5.8 (A) προκύπτει ότι η προσθήκη όλων των βελτιωτικών, εκτός από το σύστημα Z-GY, μείωσαν στατιστικά σημαντικά την συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου στο έδαφος σε σχέση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο (N).

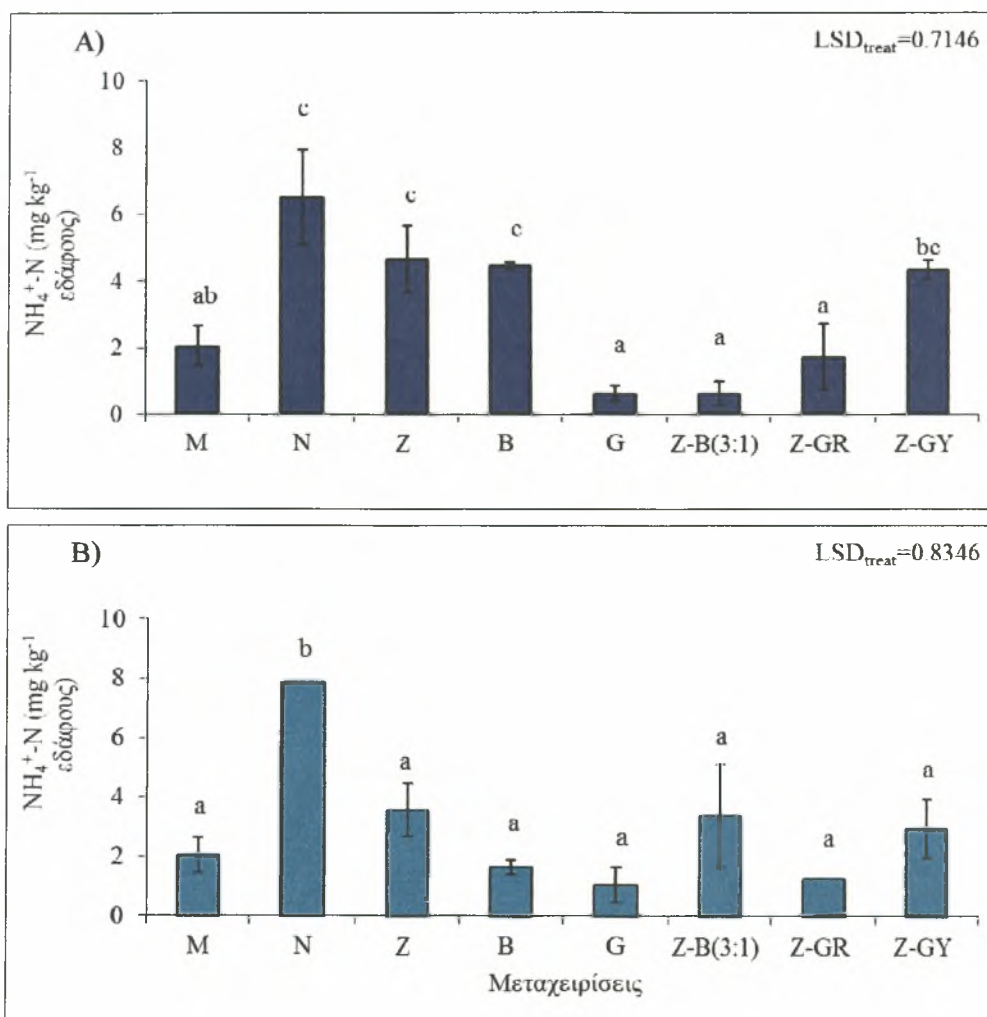
Από το γράφημα 5.8 (B) προκύπτει ότι και στην δόση των 60 kg N/στρ. η προσθήκη όλων των βελτιωτικών, εκτός από το σύστημα Z-B(3:1), επέφερε στατιστικά σημαντική μείωση του νιτρικού αζώτου στο έδαφος σε σύγκριση με τα φυτοδοχεία στα οποία έγινε προσθήκη μόνο αζώτου (N).



**Διάγραμμα 5.9:** Η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου στο φυτό του βλίτου σε συνάρτηση με τις μεταχειρίσεις (A) 30 kg N/στρ. και (B) 60 kg N/στρ.

Από το γράφημα 5.9 (A) και (B) προκύπτει ότι η προσθήκη όλων των βελτιωτικών και στις δύο δόσεις επέφερε στατιστικά σημαντική μείωση της συγκέντρωσης του νιτρικού αζώτου στο φυτό σε σχέση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο (N).

Η σειρά μείωσης της μεταφοράς του νιτρικού αζώτου από το έδαφος στο φυτό στην δόση των 30 kg N/στρ. είναι η ακόλουθη  $G > B > Z-GY > Z > Z-B(3:1) > Z-GR$  ενώ στην δόση των 60 kg N/στρ. η ακόλουθη  $Z-GY > G > Z-GR > Z-B(3:1) > B > Z$ .



**Διάγραμμα 5.10:** Η συγκέντρωση του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος μετά την καλλιέργεια βλίτου σε συνάρτηση με τις μεταχειρίσεις (A) 30 kg N/στρ. και (B) 60 kg N/στρ.

Το γράφημα 5.10 (A) δείχνει ότι στην δόση των 30 kg N/στρ. η προσθήκη του γκαϊτίτη, του μείγματος Z-B(3:1) και του συστήματος Z-GR μείωσαν στατιστικά σημαντικά την περιεκτικότητα του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος ενώ στην δόση των 60 kg N/στρ. όλα τα βελτιωτικά μείωσαν στατιστικά σημαντικά την περιεκτικότητα του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο (N).



**Πίνακας 5.4:** % ποσοστό μείωσης  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  στην καλλιέργεια βλίκου από την επίδραση του βελτιωτικού στο έδαφος και στο φυτό στην δόση 30 kg / στρ. σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο

ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ	% ΜΕΙΩΣΗΣ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	% ΜΕΙΩΣΗΣ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟΥ ΣΤΟ ΦΥΤΟ
Z	53	37
B	68	65
G	68	75
Z-B(3:1)	66	16
Z-GR	71	24
Z-RY	4	65

Από τον πίνακα 5.4 προκύπτει το % ποσοστό μείωσης νιτρικού αζώτου από την επίδραση των βελτιωτικών στο έδαφος κυμαίνεται από 4% έως 68% σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο N. Ενώ το % ποσοστό μείωσης νιτρικού αζώτου από την επίδραση των βελτιωτικών στο φυτό κυμαίνεται από 16% έως 75%.

**Πίνακας 5.5:** % μείωσης  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  στην καλλιέργεια βλίκου από την επίδραση του βελτιωτικού στο έδαφος και στο φυτό στην δόση 60 kg / στρ. σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο

ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ	% ΜΕΙΩΣΗΣ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	% ΜΕΙΩΣΗΣ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟΥ ΣΤΟ ΦΥΤΟ
Z	57	29
B	56	5
G	71	59
Z-B(3:1)	28	38
Z-GR	57	77
Z-RY	36	89

Από τον πίνακα 5.5 προκύπτει το % ποσοστό μείωσης νιτρικού αζώτου από την επίδραση των βελτιωτικών στο έδαφος κυμαίνεται από 28% έως 71% σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο N. Ενώ το % ποσοστό μείωσης νιτρικού αζώτου από την επίδραση των βελτιωτικών στο φυτό κυμαίνεται από 5% έως 89%.

**Πίνακας 5.6:** Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και των βελτιωτικών στα αγρονομικά χαρακτηριστικά του σιταριού, της περιεκτικότητας του νιτρικού αζώτου στο έδαφος και στο φυτό και του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο N

ΣΙΤΑΡΙ												
	30 kg N / στρ.						60 kg N / στρ.					
	Z	B	G	Z-B(3:1)	Z-GR	Z-GY	Z	B	G	Z-B(3:1)	Z-GR	Z-GY
<b>Ξ.Β.</b>	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0
<b>ΥΨΟΣ</b>	+	0	+	+	+	+	-	0	-	0	-	-
<b>mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N kg<sup>-1</sup> εδάφους</b>	-	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-
<b>mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N kg<sup>-1</sup> φυτού</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N kg<sup>-1</sup> εδάφους</b>	0	0	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-

- Τάση μείωσης

+

0 Καμία τάση

Στον πίνακα 5.6 φαίνονται οι γενικές τάσεις της αζωτούχο λίπανσης και των βελτιωτικών στην καλλιέργεια του βλίτου σε σύγκριση με τον μάρτυρα στον οποίο προστέθηκε μόνο άζωτο (N), οι οποίες αναλυτικά έχουν περιγραφεί από τα παραπάνω διαγράμματα.

Τα τελευταία χρόνια έχει αποδειχθεί ότι ο άνθρωπος επιβαρύνεται περισσότερο με νιτρικά από την κατανάλωση φυλλωδών λαχανικών παρά από κατανάλωση προϊόντων κρέατος ή από το πόσιμο νερό. Ειδικότερα η συγκέντρωση σε νιτρικά κάποιων φρέσκων λαχανικών, ανάμεσά τους το μαρούλι (*Lactuca sativa* L.), το σπανάκι (*Spinacea oleracea* L.), τα παντζάρια (*Beta vulgaris* L.), τα ραπανάκια (*Raphanus sativus* L.), το σέλινο (*Apium graveolens* L.), η μελιτζάνα (*Solanum melongena* L.), ο μαϊντανός (*Petroselinum crispum* Nym), τα γογγύλια (*Brassica rapa* L.), το λάχανο (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), το κουνουπίδι (*Brassica oleracea*

*var. Botrytis* L.) και τα καρότα (*Daucus carota* L.) είναι κατά πολύ υψηλότερη από αυτή του επεξεργασμένου κρέατος. Μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρωδών έχουν βρεθεί επίσης σε αποθηκευμένα πράσινα λαχανικά σαν αποτέλεσμα βακτηριακής αναγωγής νιτρικών.

Γενικά τα φυλλώδη λαχανικά καλλιεργούνται σε μεγάλη πυκνότητα, γεγονός που μειώνει την ένταση του φωτός, αφού τα φυτά αλληλοσκιάζονται. Παράλληλα οι καλλιέργειες υφίστανται έντονη και συχνή λίπανση με άζωτο για να διατηρήσουν το πράσινο χρώμα, να αναδειχθεί η ποιότητα τους και να επιτύχουν υψηλές αποδόσεις. Ο συνδυασμός αυτών των παραγόντων μπορεί να οδηγήσει σε υψηλά ποσοστά  $\text{NO}_3^-$ -N στα φυτά. Αυτός είναι κι ο κύριος λόγος που διάφορες μελέτες και σχετικά πειράματα εξακολουθούν να γίνονται μέχρι τις μέρες μας, προσπαθώντας να προσδιοριστεί με ακρίβεια η τοξική επίδραση των νιτρικών στον άνθρωπο και τα ζώα και να βρεθεί τρόπος μείωσης της περιεκτικότητας των λαχανικών σε νιτρικά, διατηρώντας τη μέγιστη δυνατή απόδοση της καλλιέργειας.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ορίσει για το σπανάκι και το μαρούλι μέγιστες τιμές ανοχής (ΜΤΑ) όσον αφορά την περιεκτικότητά τους σε νιτρικά (Ε.Κ. 194/97).

Οι Siciliano *et al.* (1975) σε σειρά πειραμάτων που πραγματοποίησαν με διάφορα είδη λαχανοκομικών φυτών βρήκαν ότι οι τιμές νιτρικών ήταν για φυλλώδη λαχανικά (λάχανο, κατσαρό λάχανο, σπανάκι, κράμβη) υψηλότερες, τα όσπρια είχαν γενικά χαμηλές ενώ οι ρίζες, τα φρούτα, οι μίσχοι και τα άνθη είχαν μέτρια περιεκτικότητα σε νιτρικά.

– ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ –

*Ξενόγλωσση*

- Allen, E.R., Hossner, L.R., Ming, D.W. and Henninger, D.L., 1993. Solubility and cation exchange in phosphate rock and saturated clinoptilolite mixture. *Soil Science Society Of America* 57: 1368 - 1374.
- Allen, E.R., Ming, D.W., Hossner, L.R. and Henninger, D.L., 1996. Release rates of phosphorus, ammonium, and potassium in clinoptilolite-phosphate rock systems. *Soil Science Society Of America* 60: 1467 - 1472.
- Bernardi, A.C.C., Monte, M.B.M., Paiva, P.R.P., Werneck, C.G., Haim, P. G. and Barros F.S., 2010. Dry matter production and nutrient accumulation after successive crops of lettuce, tomato, rice and andropogongrass in a substrate with zeolite. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 34: 435 - 442.
- Burriesci, N., Valente, S., Zipelli, C. and Bart, J.C., 1984. Studies on zeolites in agriculture. Effect on crop growth of *Prunus persica* and *Vitis vinifera*. *Zeolites* 4: 373 – 376.
- Huang, Z.T. and Petrovic, A.M., 1994. Clinoptilolite zeolite influence on nitrate leaching and nitrogen use efficiency in simulated and based golf greens. *Journal Of Environmental Quality* 23: 1190 – 1194.
- Kavoosi, M., 2008. Effects of Zeolite Application on Rice Yield, Nitrogen Recovery, and Nitrogen Use Efficiency. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38:1 - 2, 69 - 76.
- Sepaskhah, A.R. and Barzegar M., 2010. Yield, water and nitrogen-use response of rice to zeolite and nitrogen fertilization in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management* 98: 38 - 44.
- Sepaskhah, A.R. and Yousefi, F., 2008. Effects of zeolite application on nitrate and ammonium retention of a loamy soil under saturated conditions. *Australian Journal Of Soil Research* 45: 368 – 373.
- Shi, W., Shao, H., Li, H., Shao, M. and Du, Sh., 2009. Progress in remediation of hazardous heavy metal - polluted soils by natural zeolite. *Journal of Hazardous Materials* 170: 1 - 6.
- Siciliano, J., Krulick, S., Heisler, E.G., Schwartz J.H. and White, J.W., 1975. Nitrate and Nitrite Content of Some Fresh and Processed Market Vegetables. *Journal Of Agriculture and Food Chemistry* 23: 461 - 464.
- Wright M. J. and Davison K. L., 1964. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. *Adv. Agron.* 16: 197 – 248.
- Zhan, Y., Lin, J. and Zhu, Z., 2011. Removal of nitrate from aqueous solution using cetylpyridinium bromide (CPB) modified zeolite as adsorbent. *Journal of Hazardous Materials* 186: 1972 - 1978.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα πειράματα του πρώτου κύκλου στο θερμοκήπιο τα συμπεράσματα είναι τα εξής:

#### ΣΙΤΑΡΙ

- Την μεγαλύτερη μείωση στην συγκέντρωση του  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  στο έδαφος όταν προστέθηκαν 30 κιλά άζωτο ανά στρέμμα και βελτιωτικό μετά την καλλιέργεια του σιταριού επέφερε ο γκαιτίτης ενώ στην δόση των 60 κιλών άζωτο ανά στρέμμα την μεγαλύτερη μείωση επέφερε το συστημα ζεολιθος - γκαιτίτης κοκκινος.
- Την μεγαλύτερη μείωση στην συγκέντρωση του  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  στο φυτό του σιταριού στην δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφεραν ο μπετονίτης και ο γκαιτίτης ενώ στη δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα μεγαλύτερη μείωση επέφερε ο μπετονίτης.
- Τα βελτιωτικά δεν κατάφεραν να επιδράσουν θετικά στο ύψος του φυτού του σιταριού στη δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα, ενώ στην δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα μεγαλύτερη επίδραση επέφεραν ο μπετονίτης και το μείγμα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1.
- Τη μεγαλύτερη επίδραση στη βιομάζα του φυτού του σιταριού στη δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφεραν ο μπετονίτης, ο γκαιτίτης και το μείγμα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1 ενώ στην δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα τη μεγαλύτερη επίδραση επέφεραν η χρήση του γκαιτίτη και των συστημάτων ζεόλιθου – γκαιτίτη κόκκινου και ζεόλιθου - γκαιτίτη κίτρινου.
- Τη μεγαλύτερη μείωση στην συγκέντρωση του  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  στο έδαφος μετά την καλλιέργεια του σιταριού στην δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφερε η χρήση του μπετονίτη και του ζεόλιθου ,ενώ στη δόση των 60

κιλών ανά στρέμμα μεγαλύτερη μείωση επέφερε η χρήση του ζεόλιθου και του μείγματος ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1.

## **ΒΛΗΤΟ**

- Την μεγαλύτερη μείωση στην συγκέντρωση του  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  στο έδαφος όταν προστέθηκαν 30 κιλά άζωτο ανά στρέμμα και βελτιωτικό μετά την καλλιέργεια του βλήτου επέφερε ο μπετονίτης, ο γκαιτίτης, το μείγμα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1 και το σύστημα ζεόλιθου - γκαιτίτη κόκκινου ενώ στην δόση 60 κιλών αζώτου ανά στρέμμα την μεγαλύτερη μείωση επέφερε ο γκαιτίτης.
- Την μεγαλύτερη μείωση στην συγκέντρωση του  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  στο φυτό του βλήτου στην δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφεραν ο μπετονίτης, ο γκαιτίτης και το σύστημα ζεόλιθου - γκαιτίτη κίτρινου ενώ στη δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα μεγαλύτερη μείωση επέφερε το σύστημα ζεόλιθου - γκαιτίτη κίτρινου.
- Τη μεγαλύτερη επίδραση στο ύψος του φυτού του βλήτου στη δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφερε η χρήση του συστήματος ζεόλιθου - γκαιτίτη κίτρινου ενώ στην δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα κανένα βελτιωτικό δεν κατάφερε να αυξήσει το ύψος του φυτού .
- Τη μεγαλύτερη επίδραση στη βιομάζα του φυτού του βλήτου στη δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφερε το μείγμα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1 ενώ στην δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα τη μεγαλύτερη επίδραση επέφερε η χρήση του μπετονίτη .
- Τη μεγαλύτερη μείωση στην συγκέντρωση του  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  στο έδαφος μετά την καλλιέργεια του βλήτου στην δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφερε η χρήση του γκαιτίτη, του μείγματος ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1 και του συστήματος ζεόλιθου - γκαιτίτη κόκκινου ,ενώ στη δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα όλα τα βελτιωτικά έδωσαν το ίδιο καλά αποτελέσματα .

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### Παράρτημα Ι

**Προσδιορισμός νιτρικού αζώτου σε δείγματα εδάφους και φυτικών ιστών**

#### **Εξοπλισμός**

- Στήλη καδμίου αναγωγής νιτρικών
- Φασματοφωτόμετρο μοριακής απορρόφησης UV-VIS, με μονοχρωμάτορα διπλής δέσμης και λάμπα δευτερίου
- Παλινδρομικός ανακινητήρας
- Φυγόκεντρος
- Χωνιά διήθησης
- Φίλτρα κοινού ηθμού ή Whatman no 42
- Dispenser ρυθμιζόμενου όγκου με ονομαστικό όγκο 10ml και 50ml
- Ρυθμιζόμενη πιπέτα 0.5-5 mL
- Ποτήρια ζέσεως των 500 mL
- Ογκομετρικοί κύλινδροι 100 mL και 500 mL
- Σιφόνιο μιας χαραγής των 1, 2, 5, 10 και 50 mL Class A
- Σιφόνιο μιας χαραγής των 20 mL Class A
- Ογκομετρικές φιάλες 100, 250, 500, 1000, 2000 και 5000 mL Class A
- Πλαστικοί σωλήνες φυγοκέντρωσης με πάμα

#### **Αντιδραστήρια**

- Νερό
- Εκχυλιστικό KCl 2M
- Επιχαλωμένο κάδμιο

- Πυκνό διάλυμα NH<sub>4</sub>Cl
- Αραιό διάλυμα NH<sub>4</sub>Cl
- Αντιδραστήριο Diazotizing  
(0.5g Sulfanilamide σε 100ml διάλυμα HCl 2.4mol / L)
- Αντιδραστήριο Coupling  
(0.3 g N-(1-naphthyl)ethylenediaminedihydrochloride σε 100 mL διάλυμα HCL 0.12 mol / L)
- Stock διάλυμα , 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N / L
- Πρότυπο διάλυμα, 2 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N / L
- Πρότυπα διαλύματα βαθμονόμησης NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N

#### Πορεία (για δείγματα εδάφους)

4g ακατέργαστου δείγματος εδάφους και 40ml εκχυλιστικού μεταφέρονται σε πλαστική φιάλη φυγοκέντρησης των 50ml και ακολουθεί ανακίνηση σε μηχανικό ανακινητήρα για 1 ώρα. Στην συνέχεια τα δείγματα φυγοκεντρώνται για 5min στις 2000rpm. Το υπερκείμενο υγρό από κάθε δείγμα διηθείτε με ηθμό Whatman no. 42 και τέλος το διήθημα μεταφέρετε σε ψυγείο στους 2 °C - 8 °C. Η στήλη ξεπλένετε με αραιό διάλυμα NH<sub>4</sub>Cl και κατόπιν προστίθεται σε αυτήν 1 mL διάλυμα πυκνού NH<sub>4</sub>Cl, 2 mL διηθήματος και 75 mL αραιό διάλυμα NH<sub>4</sub>Cl τα οποία διέρχονται από την στήλη καδμίου και καταλήγουν σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL. Στην συνέχεια στην ογκομετρική φιάλη προστίθενται 2 mL αντιδραστηρίου Diazotizing και 2 mL αντιδραστηρίου Coupling και γίνεται αραιώση μέχρις όγκου. Μετά από παραμονή 20 λεπτών, η ένταση του ροζ χρώματος μετριέται με φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 540 nm.

#### Υπολογισμοί – Έκφραση αποτελεσμάτων

Η περιεκτικότητα του εδαφικού δείγματος σε νιτρικό άζωτο, C<sub>NO3-N</sub>, σε mg/ kg ξηρού, υπολογίζεται από τον τύπο :

$$C_{NO3-N} \text{ (mg/ kg ξηρού)} = ((100+W_{H2O}) * V_{KCl} * a) / (V_s * w) \text{ όπου}$$



$V_{KCl}$ : ο όγκος, σε mL, του εκχυλιστικού KCl 2M (συνήθως 40 ml)

$a$ : η συγκέντρωση  $NO_3^-$ -N, σε mg/ L, του εκχυλίσματος

$w$ : η μάζα, σε g, του ακατέργαστου δείγματος

$W_{H_2O}$ : η % υγρασία, του ακατέργαστου δείγματος

$V_s$ : ο όγκος, σε ml, του διηθήματος που εισάγεται στη στήλη (συνήθως 2 mL)

### **Πορεία (για φυτικούς ιστούς)**

0.1 g δείγματος φυτικού ιστού και 40 ml απιονισμένου νερού μεταφέρονται σε πλαστική φιάλη φυγοκέντρωσης των 50 ml και γίνεται ανακίνηση σε μηχανικό ανακινητήρα για 1 ώρα. Στην συνέχεια τα δείγματα φυγοκεντρούνται για 5 min στις 2000 rpm. Το υπερκείμενο υγρό από κάθε δείγμα διηθείτε με ηθμό Whatman no. 42 και τέλος το διήθημα μεταφέρετε σε ψυγείο στους  $2^{\circ}C - 8^{\circ}C$ . Η στήλη ξεπλένετε με αραιό διάλυμα  $NH_4Cl$  και κατόπιν προστίθεται σε αυτήν 1 mL διάλυμα πυκνού  $NH_4Cl$ , 2 mL διηθήματος και 75 mL αραιό διάλυμα  $NH_4Cl$  τα οποία διέρχονται από την στήλη καδμίου και καταλήγουν σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL. Στην συνέχεια στην ογκομετρική φιάλη προστίθενται 2 mL αντιδραστηρίου Diazotizing και 2 mL αντιδραστηρίου Coupling και γίνεται αραίωση μέχρις όγκου. Μετά από παραμονή 20 λεπτών, η ένταση του ροζ χρώματος μετρείται με φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 540 nm.

### **Υπολογισμοί – Έκφραση αποτελεσμάτων**

Η περιεκτικότητα του φυτικού ιστού σε νιτρικό άζωτο,  $C_{NO_3-N}$ , σε mg/ kg ξηρού, υπολογίζεται από τον τύπο :

$$C_{NO_3-N} \text{ (mg/ kg ξηρού)} = C \times 20000$$

$C$ : η συγκέντρωση  $NO_3^-$ -N, σε mg/ l, του εκχυλίσματος

### **Προσδιορισμός αμμωνιακού αζώτου σε δείγματα εδάφους**

#### **Αρχή της μεθόδου**

#### **Εξοπλισμός**

- Φασματοφωτόμετρο μοριακής απορρόφησης UV – VIS με κυψελίδες G – 1cm
- Μηχανικός ανακινητήρας

- Υδατόλουτρο, με δυνατότητα επίτευξης θερμοκρασίας  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- Γυάλινα χωνιά διαμέτρου 7cm
- Φίλτρα κοινού ηθμού ή Whatman no 42
- Dispenser ρυθμιζόμενου όγκου έως 50 mL
- Dispenser ρυθμιζόμενου όγκου έως 10 mL
- Ρυθμιζόμενη πιπέττα 0,5 – 5 mL
- Ογκομετρικές φιάλες 100 ml και 2000 ml Class B
- Ογκομετρικές φιάλες 25 mL, 250 mL, 2000 ml Class A
- Ποτήρια ζέσεως των 200 mL και 500 ml
- Πιπέττες 5 και 10 mL
- Σιφόνια μιας χαραγής 1-2-5-10 mL Class A
- Πλαστικοί σωλήνες φυγοκέντρωσης των 50 mL με πάμα

#### **Αντιδραστήρια**

- Νερό
- Εκχυλιστικό KCl 2M
- Διάλυμα Δ1 (8.813 g σαλικυλικό νάτριο ( $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$ ) και 0.125 g πεντακυανόνιτροσιδηρο δινάτριο ( $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL και αραίωση μέχρι όγκου)
- Διάλυμα Δ2 (2.96g καυστικό νάτριο NaOH, 6.62g ένυδρου μονόξινου φωσφορικού νατρίου ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) και 10 mL διαλύματος Clorox bleach σε ογκομετρική φιάλη 100 mL και αραίωση μέχρι όγκου)
- Διάλυμα EDTA (60 g δινατριούχου αιθυλενοδιάμινο – τετραοξικού οξέως  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  σε ογκομετρική φιάλη 1000 mL και αραίωση μέχρι όγκου)
- Πρότυπο διάλυμα I, 100 mg  $\text{NH}_4^+$  -N / L

- Πρότυπο διάλυμα II, 2 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N / L
- Πρότυπα διαλύματα βαθμονόμησης NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N

### Πορεία

4 g ακατέργαστου δείγματος εδάφους και 40 mL εκχυλιστικού μεταφέρονται σε πλαστική φιάλη φυγοκέντρωσης των 50 mL και γίνεται ανακίνηση σε μηχανικό ανακινητήρα για 1 ώρα. Στην συνέχεια τα δείγματα φυγοκεντρώνται για 5min στις 2000 rpm. Το υπερκείμενο υγρό από κάθε δείγμα διηθείτε με ηθμό Whatman no. 42 και τέλος το διήθημα μεταφέρετε σε ψυγείο στους 2 °C - 8 °C.

Στην συνέχεια 5 mL διηθήματος και 1 mL διαλύματος EDTA μεταφέρονται σε ογκομετρική φιάλη των 25 mL Class A και γίνεται ανάμιξη. Στη συνέχεια προστίθενται 4 mL από το Διάλυμα Δ1, ακολουθεί ανακίνηση και αραιώση μέχρι όγκου περίπου 20 mL με νερό. Επίσης, προστίθενται 2ml από το Διάλυμα Δ2 και γίνεται αραιώση μέχρις όγκου. Οι ογκομετρικές φιάλες τοποθετούνται σε υδατόλουτρο 37°C±1°C για 30 λεπτά, προκειμένου να αναπτυχθεί το χρώμα. Στη συνέχεια, Οι ογκομετρικές φιάλες αφήνονται να κρυσώσουν για 10 λεπτά. Η ένταση του χρώματος μετρείται σε μήκος κύματος 667 nm.

### Υπολογισμοί – Έκφραση αποτελεσμάτων

Η περιεκτικότητα του εδαφικού δείγματος σε αμμωνιακά, C<sub>NH4-N</sub>, σε mg / kg ξηρού, υπολογίζεται από τον τύπο :

$$C_{NH4-N} \text{ (mg/ kg ξηρού)} = 0,05 \cdot (100 + W_{H2O}) \cdot V_{KCl} \cdot a / w \text{ όπου}$$

V<sub>KCl</sub>: ο όγκος, σε mL, του εκχυλιστικού KCl 2M (συνήθως 40 mL)

a : η συγκέντρωση NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, σε mg / L, του δείγματος

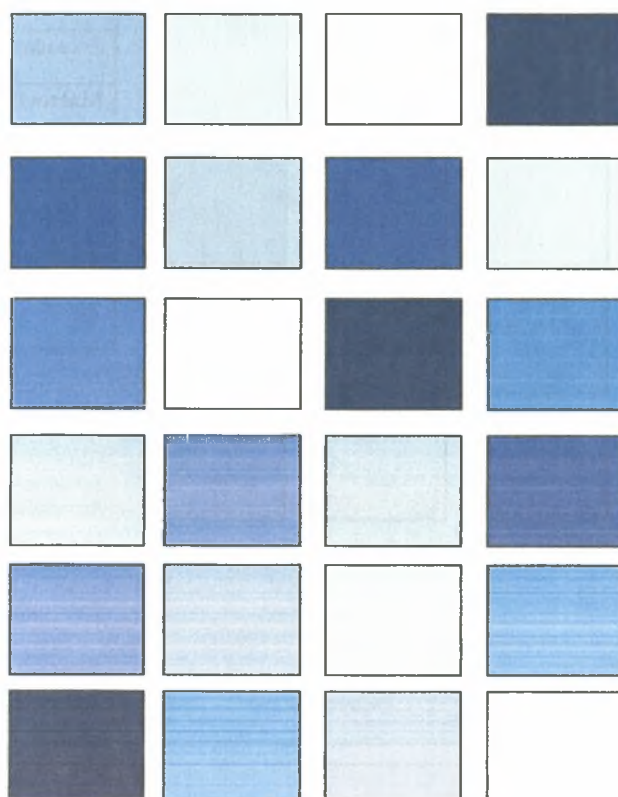
w : η μάζα, σε g, του ακατέργαστου δείγματος

W<sub>H2O</sub> : η % υγρασία , του ακατέργαστου δείγματος

## Παράρτημα II Πειραματικό σχέδιο

### Νιτρικά – Αμμωνιακά

#### ΣΙΤΑΡΙ



Μάρτυρας	
30 kg/στρ.	
Ζεόλιθος	
Μπετονίτης	
Γκαιτίτης	
Z-B(3:1)	
Z-GR	
Z-GY	

1. Πειραματικό σχέδιο της μελέτης στο θερμοκήπιο για τον σιτάρι για δόση 30 Kg N/στρ.

**ΣΙΤΑΡΙ**

Η ομορφιά του  
πράσινο δεν είναι...



Μάρτυρας	
60 kg/στρ.	
Ζεόλιθος	
Μπετονίτης	
Γκαϊτίτης	
Z-B(3:1)	
Z-GR	
Z-GY	

2. Πειραματικό σχέδιο της μελέτης στο θερμοκήπιο για τον σιτάρι για δόση 60 Kg N/στρ.

**ΒΛΗΤΟ**



Μάρτυρας	
30 kg/στρ.	
Ζεόλιθος	
Μπετονίτης	
Γκαιτίτης	
Z-B(3:1)	
Z-GR	
Z-GY	

3. Πειραματικό σχέδιο της μελέτης στο θερμοκήπιο για το βλήτο για δόση 30 Kg N/στρ.

**ΒΛΗΤΟ**



Μάρτυρας	
60 kg/στρ.	
Ζεόλιθος	
Μπετονίτης	
Γκαϊτίτης	
Z-B(3:1)	
Z-GR	
Z-GY	

4. Πειραματικό σχέδιο της μελέτης στο θερμοκήπιο για το βλήτο για δόση 60 Kg N/στρ.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000114813